



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

고속도로의 피크확산효과에 관한 연구

-경부고속도로를 대상으로-

Peak Spreading Effects in Expressway

-Based on Gyeongbu Expressway-

The seal of Korea Maritime University is a circular emblem. It features a stylized sun or starburst at the top, with wavy lines below it representing water. The year '1945' is inscribed in the center. The text 'KOREA MARITIME UNIVERSITY' is written around the top inner edge, and '한국해양대학교' is written around the bottom inner edge.

지도교수 김 태 곤

2013년 2월

한국해양대학교 대학원

토목환경공학과 류 기 홍

本論文을 柳基洪의 工學碩士學位論文으로 認准함.

위원장 김도삼 (인)

위원 김태형 (인)

위원 김태곤 (인)



2012년 12월 3일

한국해양대학교 대학원

목 차

목 차	i
Nomenclature	iii
List of Tables	iv
List of Figures	vi
Abstract	viii
제 1 장 서 론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 목적	2
1.3 문헌 조사	3
1.4 연구 수행과정	5
제 2 장 자료수집 및 분석	6
2.1 자료 수집	6
2.2 자료 분석	7
제 3 장 설계시간계수(K)의 분석	36
3.1 북쪽방향(NB)차로의 설계시간계수(K) 분석	38
3.2 남쪽방향(SB)차로의 설계시간계수(K) 분석	42

제 4 장 피크확산효과(Peak Spreading Effect)의 분석	48
4.1 북쪽방향(NB)차로의 피크확산효과(Peak Spreading Effect) 분석	52
4.2 남쪽방향(SB)차로의 피크확산효과(Peak Spreading Effect) 분석	59
4.3 피크확산효과(Peak Spreading Effect) 분석결과의 상호 비교	66
 제 5 장 결론 및 향후 연구과제	68
 참 고 문 헌	70



Nomenclature

Q	Flow rate for 1hour(veh/h)
N	Number of vehicles observed(veh)
T	Unit time(1hour)
h_i	Headway of each flow i (sec)
q_i	Each flow i (veh)
U_s	Spot mean speed(km/h)
D	Distance between loop detectors at spot(m)
\bar{t}	Mean travel time(sec)
u_i	Travel speed for each vehicle i (km/h)
T_h	Headway(sec)
T_i	Arrival time of i -th vehicle(sec)
$\overline{T_h}$	Mean headway(sec)
D_h	Headway distance(m)
K	Density(veh/km)
O	Occupancy(%)
$(t_o)_i$	Time that detector is occupied by i -th vehicle(sec)
K	Design hour factor
Q_i	Traffic volume for i -th hour(veh)
K_p	Design hour factor for peak 1 hour
K_{pp}	Design hour factor for 3 hours before and after peak hour including peak 1 hour
Q_p	Traffic volume for peak 1 hour(veh)
Q_{p+i}	Traffic volume for i -th hour from peak 1 hour(veh)

List of Tables

Table 2. 1	Geometry of Expressway(Ex-1) under the study	6
Table 2. 2	Flow rate statistics in Expressway Ex-1	13
Table 2. 3	Speed statistics in Expressway Ex-1	20
Table 2. 4	Density statistics in Expressway Ex-1	27
Table 2. 4	Density statistics in Expressway Ex-1	34
Table 3. 1	Directional K-Statistics in Expressway Ex-1	37
Table 3. 2	K-Statistics at spots of Expressway Ex-1(NB)	40
Table 3. 3	K-Statistics at spots of Expressway Ex-1(SB)	43
Table 4. 1	K_p for peak hour and K_{pp} for peak period in Expressway Ex-1	50
Table 4. 2	K_p for peak hour and K_{pp} for peak period in Expressway Ex-1(NB)	54
Table 4. 3	Peak spreading effect for peak hour in Expressway Ex-1(NB)	54
Table 4. 4	Peak spreading effect for peak period in Expressway Ex-1(NB)	57
Table 4. 5	K_p for peak hour and K_{pp} for peak period in Expressway Ex-1(SB)	61
Table 4. 6	Peak spreading effect for peak hour in Expressway Ex-1(SB)	61
Table 4. 7	Peak spreading effect for peak period in Expressway Ex-1(SB)	64
Table 4. 8	Differences in shifts of K_p and K_{pp} in Expressway Ex-1	67

List of Figures

Figure 1. 1	Gyeongbu Expressway under the study	2
Figure 1. 2	Process of study	5
Figure 2. 1	3D Flow rate graph in Ex-1	9
Figure 2. 2	Flow rate distribution at Spot 1 of Ex-1	10
Figure 2. 3	Flow rate distribution at Spot 2 of Ex-1	11
Figure 2. 4	Flow rate distribution at Spot 3 of Ex-1	12
Figure 2. 5	3D Speed graph in Ex-1	16
Figure 2. 6	Speed distribution at Spot 1 of Ex-1	17
Figure 2. 7	Speed distribution at Spot 2 of Ex-1	18
Figure 2. 8	Speed distribution at Spot 3 of Ex-1	19
Figure 2. 9	3D Density graph in Ex-1	23
Figure 2.10	Density distribution at Spot 1 of Ex-1	24
Figure 2.11	Density distribution at Spot 2 of Ex-1	25
Figure 2.12	Density distribution at Spot 3 of Ex-1	26
Figure 2.13	3D Occupancy graph in Ex-1	30
Figure 2.14	Occupancy distribution at Spot 1 of Ex-1	31
Figure 2.15	Occupancy distribution at Spot 2 of Ex-1	32
Figure 2.16	Occupancy distribution at Spot 3 of Ex-1	33
Figure 3. 1	Directional Peak K distribution in Ex-1	37
Figure 3. 2	3D K-Graph in Ex-1	38
Figure 3. 3	3D K-Graph in Ex-1(NB)	39
Figure 3. 4	K distribution at Spot 1 of Ex-1(NB)	40
Figure 3. 5	K distribution at Spot 2 of Ex-1(NB)	41
Figure 3. 6	K distribution at Spot 3 of Ex-1(NB)	41
Figure 3. 7	K distribution at Spots of Ex-1(NB)	42
Figure 3. 8	3D K-Graph in Ex-1(SB)	44
Figure 3. 9	K distribution at Spot 1 of Ex-1(SB)	45

Figure 3.10	K distribution at Spot 2 of Ex-1(SB)	45
Figure 3.11	K distribution at Spot 3 of Ex-1(SB)	46
Figure 3.12	K distribution at Spots of Ex-1(SB)	46
Figure 4. 1	Definition of peak spreading(Holyoak and Chang, 2006)	49
Figure 4. 2	Peak hour K distribution in Ex-1(NB)	50
Figure 4. 3	Peak period K distribution in Ex-1(NB)	51
Figure 4. 4	Peak hour K distribution in Ex-1(SB)	51
Figure 4. 5	Peak period K distribution in Ex-1(SB)	52
Figure 4. 6	Peak spreading effect for peak hour at Spot 1 of Ex-1(NB)	55
Figure 4. 7	Peak spreading effect for peak hour at Spot 2 of Ex-1(NB)	55
Figure 4. 8	Peak spreading effect for peak hour at Spot 3 of Ex-1(NB)	56
Figure 4. 9	Peak spreading effect for peak hour in Ex-1(NB)	56
Figure 4.10	Peak spreading effect for peak period at Spot 1 of Ex-1(NB)	57
Figure 4.11	Peak spreading effect for peak period at Spot 2 of Ex-1(NB)	58
Figure 4.12	Peak spreading effect for peak period at Spot 3 of Ex-1(NB)	58
Figure 4.13	Peak spreading effect for peak period in Ex-1(NB)	59
Figure 4.14	Peak spreading effect for peak hour at Spot 1 of Ex-1(SB)	62
Figure 4.15	Peak spreading effect for peak hour at Spot 2 of Ex-1(SB)	62
Figure 4.16	Peak spreading effect for peak hour at Spot 3 of Ex-1(SB)	63
Figure 4.17	Peak spreading effect for peak hour in Ex-1(SB)	63
Figure 4.18	Peak spreading effect for peak period at Spot 1 of Ex-1(SB)	64
Figure 4.19	Peak spreading effect for peak period at Spot 2 of Ex-1(SB)	65
Figure 4.20	Peak spreading effect for peak period at Spot 3 of Ex-1(SB)	

.....	65
Figure 4.21 Peak spreading effect for peak period in Ex-1(SB)	66



Peak Spreading Effects in Gyeongbu Expressway

Ki Hong, Ryu

*Department of Civil and Environmental Engineering,
Graduate School, Korea Maritime University, Busan Korea*

Abstract

Expressways are primary arterial highways that provide highway users for high levels of safety and efficiency with full control of access, and also allow vehicles to enter through the entrance ramps. However, most of expressways are suffering from traffic congestion on the basic segments as well as ramp junctions for the peak periods. So, expressway travel characteristics-related studies are strongly needed to improve the travel system in expressways.

The purpose of this study was to collect the traffic flow characteristics (volume, speed, occupancy, and density, etc.) in expressway basic segments, analyze the traffic flow characteristics, especially design hour factor(K) calculated in the expressway basic segments, compare the peak spreading effects for peak hour and peak period, and finally determine the most appropriate period and day of week for peak spreading.

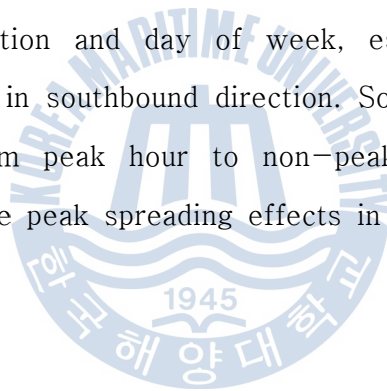
As a result of the analyses in traffic characteristics and peak spreading effects of the expressway basic segments, the following conclusions were drawn:

- i) Traffic characteristic analyses were found to show a considerable

peak characteristics in weekday, weekend, and directional traffic characteristics of the expressway basic segments. So, it was needed to establish the traffic management system based on weekday, weekend, and directional traffic characteristics for improving the efficiency of expressway.

ii) Design hour factor(K)analyses were found to show a distinct peak characteristics in weekday, weekend, and directional characteristics of the expressway basic segments. So, it was needed to analyze peak spreading effects based on weekday and weekend, especially direction of expressway.

iii) Peak spreading analyses were found to show a distinct peak characteristics in direction and day of week, especially on Monday in northbound and Sunday in southbound direction. So, it was needed to shift the travel demand from peak hour to non-peak period of Monday or Friday for increasing the peak spreading effects in Gyeongbu expressway.



1. 서 론

1.1 연구 배경

고속도로(expressway)란 지역과 지역사이에 연계된 고속화도로시설로서 오직 지정된 도로에서 접속이 허용되도록 하고, 다른 도로와의 평면교차 대신 입체교차를 계획함으로써 고속도로의 이용차량에 대해 거의 교통정체가 없이 최상의 안전성과 신속성을 제공하는 핵심 간선도로라고 할 수 있다.

그런데 국내에서는 지난 1970년 경부고속도로가 개통된 이후 지금까지 대부분의 국내 고속도로가 지역 간 연계교통체계의 중추적인 역할을 수행하면서 자가용차량의 이동성(mobility) 및 접근성(accessibility) 향상과 화물수송차량의 수송능력 증진에 많은 기여를 해왔으나, 1988년 서울올림픽이후 지속적인 경제성장과 함께 국민의 생활수준이 향상되고 사람들의 도시집중이 가속화되면서 도시권역과 활동영역의 확대 등으로 자가용차량의 이용수요가 급격히 증가하였으며, 더구나 주요 수출입항을 중심으로 고속도로를 이용한 수출입화물의 수송량이 급증함으로써 대부분의 국내 고속도로에서는 심각한 교통정체를 겪고 있는 상황이다.

이러한 고속도로의 교통문제를 해결하기 위해 새로운 고속도로를 건설하거나 기존 고속도로에 추가하기 위해서는 고속도로의 용지매입과 공사에 따른 막대한 예산과 기간이 소요되기 때문에 고속도로를 건설하거나 추가하는데 한계에 직면할 수밖에 없고, 또한 고속도로 주변지역의 개발에 따른 토지이용여건의 변화와 함께 고속도로 이용차량이 추가적으로 급증함으로써 고속도로의 교통체증은 한층 더 심화될 수밖에 없기 때문에 고속도로의 교통체증을 완화하기 위해서라도 예산이 허용되는 범위 내에서 시설확충에 주력함과 동시에 기존 고속도로의 교통특성에 관한 연구를 통해 고속도로의 교통관리체계개선의 필요성이 증대하고 있다(조, 2012; 김 등, 2010; 박 등, 2004; 장 등, 2003).

그리하여 본 연구에서는 아래 **Figure 1.1**에서 알 수 있듯이 국내의 대표적인

남북방향 고속도로인 경부고속도로(Ex-1)의 울산과 양산구간을 연구대상으로 하여 고속도로 기본구간의 통행특성을 중심으로 피크확산(peak spreading)에 대해 연구하려고 한다.

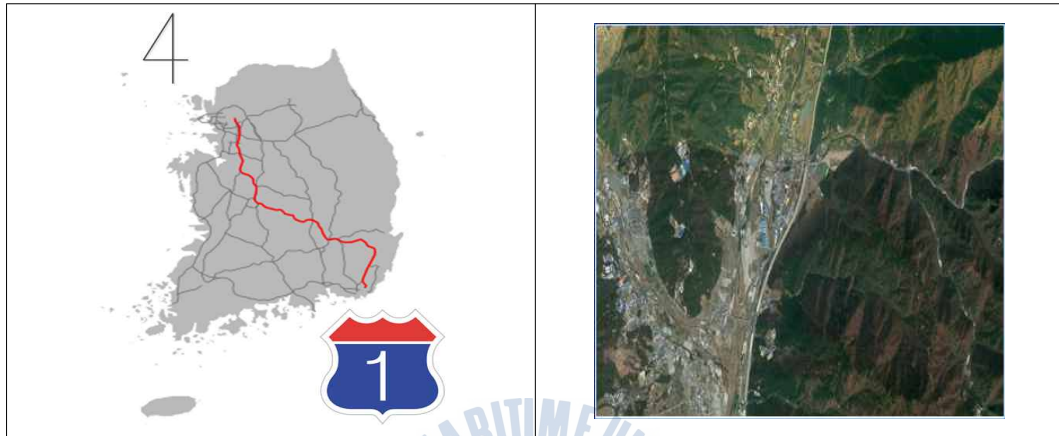


Figure 1.1 Gyeongbu Expressway under the study

1.2 연구목적

일반적으로 고속도로에는 중앙분리대가 설치되어 있고, 한 방향 2차로 이상의 차로를 가진 최상급 도로로서 이 도로를 이용하는 차량은 반드시 연결로를 통해서만 본선으로 출입할 수 있는 완전출입통제방식을 취하고 있으며, 기본구간, 엇갈림구간 그리고 연결로 및 연결로 접속부로 구성되어 있다(국토해양부, 2005). 그러나 국내 고속도로는 주요 거점도시를 중심으로 건설되어 있고, 거점도시와 주변 도시들과 연계된 주간선도로나 보조간선도로시설이 부족하기 때문에 거점도시로 통하는 고속도로의 통행수요가 상대적으로 높아서 출퇴근시간대에 관계없이 교통정체가 종종 발생하고 있으며, 특히 본 연구대상이 되는 고속도로 Ex-1은 남북방향의 핵심교통축으로서 요일별 시간별 방향별로 도로용량에 비하여 낮은 통행량에도 불구하고 종종 교통정체를 겪는 고속도로이다.

따라서 본 연구에서는 국내 남북방향 고속도로 Ex-1에서 인위적인 차량통제

가 이루어지지 않는 기본구간을 대상으로 요일별 시간별 방향별 교통특성자료를 수집하고, 수집된 자료를 중심으로 교통특성분석과 설계시간계수(K)분석을 실시하며, 첨두시간대에 설계시간계수(K)의 분석결과를 바탕으로 피크확산(peak spreading)여부를 파악하려는 데 연구목적이 있다.

1.3 문헌연구

미국의 도로용량편람(TRB, 2000)에 따르면, “설계시간계수(K)는 도로의 특성, 도로의 위치 그리고 분석시간대에 따라 상당한 차이가 있지만, 분석시간대에 발생하는 차량통행량의 연평균일교통량(annual average daily traffic, AADT) 비율로서 시간별 교통량(hourly volume, HV)을 설계시간계수로 나누어 일교통량(daily volume, DV)을 산정하게 된다.”라고 정의되어 있고, Garber and Hoel(1988)은 “설계시간계수(K)란 30번째로 높은 시간교통량계수로서 30번째로 높은 시간교통량과 일평균교통량(average daily traffic, ADT)의 비율로 산정된다. 특히, 30번째로 높은 시간교통량을 설계시간교통량(design hourly volume, DHV)이라 하고 1년 365일(8,760시간)의 일평균교통량(ADT)에 대한 시간별 교통량의 비율을 비율이 높은 순서로 배열된 분포에서 비율이 급격히 감소하다 완만해지는 경계지점을 30번째 설계시간계수(K_{30})라고 하며 이를 바탕으로 DHV가 산정된다.”라고 정의하고 있으며, Miller(2012)는, “첨두시간대 발생통행량에 대한 24시간 총통행량의 비율인 설계시간계수(K)가 교통체증의 증가와 함께 감소하는 현상을 피크확산(peak spreading)이라 하는데, 이러한 피크확산반응은 운전자들이 그들의 출발시간을 교통체증이 증가하는 첨두시간대에서 비첨두시간대로 전환할 때 나타나기 때문에 설계시간계수(K)의 변화가 있는지 없는지를 안다는 것은 통행수요추정에 영향을 미칠 수 있다.”고 보고하고 있다.

또한 미국의 Holyoak and Chang(2006)은, “피크확산(peak spreading)이란 첨두시간을 전·후하여 첨두시간대 통행수요비율을 증가시킴으로써 교통정체가 가장 극심한 첨두시간의 통행수요비율을 감소시키는 과정이다.”라고 정의하고 있고,

Johnston(1991)은, “피크확산(peak spreading)이란 교통상황이 점점 악화되면 여행자들이 여행시간을 변경하는 경향이 있는데, 특히 여행자가 증가하거나 교통체증이 심화되면 피크곡선의 형태가 점점 평탄해지면서 옆으로 넓어지는 경향이 있다.”라고 보고하고 있으며, Purvis(1999)는, “샌프란시스코지역의 출근 시간대 피크확산모형(peak spreading model) 연구에서 교통체증이 증가함에 따라 통행량은 첨두시간대에서 비첨두시간대로 전환하는 경향을 보이고 있는데, 종종 첨두시간대에는 오히려 통행량이 적어 차량속도가 너무 빠르게 되고 비첨두시간대에는 통행량이 너무 많아 차량속도가 너무 느리게 되는 제설효과(snow plow effect)를 보이고 있다.”라고 보고하고 있다.

국내의 도로설계편람(국토해양부, 1999)에 따르면, “설계시간계수(K)란 연평균 일교통량(AADT)에 대한 설계시간교통량(DHV)의 비율(백분율)이라고 하며, 이 계수는 하루 교통량 중 어느 교통량을 설계시간 교통량으로 볼 것인가를 결정해주는 것이다. 일반적으로 대상 도로구간의 상시교통량 조사에서 나타난 1년간의 시간 교통량을 순서대로 나열하여 각 시간 교통량을 나타내는 점들을 완만한 곡선으로 연결한 후 곡선의 기울기가 급격히 변하는 지점의 교통량을 설계시간교통량으로 정할 수 있다. 설계시간계수(K)는 기울기가 급격히 변하는 지점의 시간 교통량을 AADT로 나누어 얻은 값이다.”라고 정의하고 있고, 강(2011)은 “전통적인 설계시간교통량 추정방법을 이용하여 도시부와 지방부의 설계시간교통량의 순위도 곡선을 작성함으로써 교통 혼잡이 주로 발생하는 명절기간(설날, 추석 등)과 주말의 시간교통량 순위를 파악할 수 있었고, 도시부 고속도로를 대상으로 혼잡한 명절기간과 주말의 시간교통량 순위가 의외로 낮은 순위에 있음을 밝혀내어 전통적인 설계시간교통량 추정방법에 문제가 있음을 제기하였으며, 합리적인 도로계획 및 설계를 위해서는 용량을 초과하여 대기행렬이 형성되고 속도가 감소하는 첨두시간교통량을 통행수요로 전환하여 설계시간계수(K)를 추정하는 대칭이동 방법을 고려할 필요가 있다.”고 보고하고 있다.

지금까지 많은 국내외 연구가 고속도로의 설계시간계수(K)나 피크확산(peak

spreading)모형에 대한 연구를 중심으로 수행되었지만, 고속도로의 설계시간계수를 중심으로 피크확산효과(peak spreading effect)에 관한 연구는 거의 없었다. 따라서 본 연구에서는 국내 고속도로 Ex-1의 인위적인 차량통제가 이루어지지 않는 기본구간을 대상으로 방향별 요일별 시간별 설계시간계수의 상호 비교분석을 통해 피크확산효과(peak spreading effect)여부를 검토하고자 한다.

1.4 연구 수행 과정

본 연구가 위의 연구목적을 위해서는 아래와 같은 단계적 연구수행과정이 요구된다.

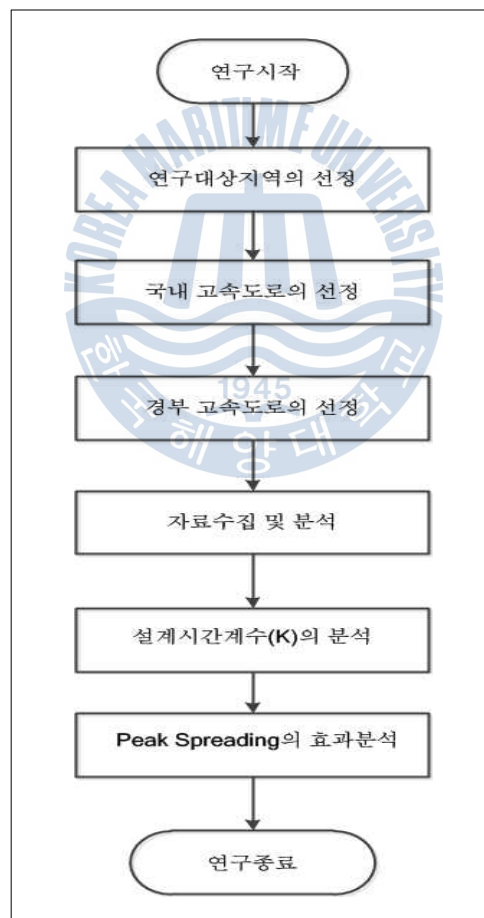


Figure 1.2 Process of study

2. 자료 수집 및 분석

2.1 자료 수집

본 연구대상 고속도로는 서울과 부산사이를 남북으로 연결한 도로로서 연장 416.05km에 양방향 4~10차선에 걸친 유료고속도로이고, 연구대상구간은 경부고속도로의 울산과 양산사이 약10km의 6차로 기본구간으로 평균 16.5%의 중대형 화물차량의 통행이 집중되고 있는 고속도로로서 차로폭원은 3.5m이고, 본선의 제한속도는 100km/h이며, 주요 지점에 속도 감시 카메라가 설치 운영되고 있다. 특히, 연구대상구간인 울산과 양산구간 내 각 방향(북쪽방향과 남쪽방향)의 관측지점으로부터 매15분 단위로 1일 24시간씩 2주일동안(2012년 5월 7일~5월21일) 자료가 수집되었고, 수집된 자료 중에서 오류가 없는 3개 지점(spot)의 자료를 선정하여 자료 분석을 위한 데이터베이스를 구축하였으며, 구축된 데이터베이스와 함께 자료 분석, 설계시간계수의 분석 및 피크확산효과(peak spreading effect)분석을 위해 MS Office 2010, SIGMA PLOT 12 등의 소프트웨어를 사용하였다. 그리고 연구대상 고속도로의 기하구조의 특성은 아래 Table 2.1과 같았다.

Table 2.1 Geometry of Expressway(Ex-1) under the study

	Specifications
No. of lanes	6
Width of lane	3.5m
Speed limit	100km/h
Right shoulder	$\geq 1.5\text{m}$
Left shoulder	$\geq 1.0\text{m}$

2.2 자료 분석

본 연구대상 고속도로(Ex-1)의 기본구간을 대상으로 수집된 자료는 교통특성분석을 위해서 가공 분류하였는데, 교통량(volume)은 1시간단위의 교통류율로 환산하였고, 속도(speed)는 지점평균속도(spot mean speed)로 산정하였으며, 밀도(density)는 속도와 차두시간(headway)과의 관계를 이용하여 기초자료의 특성분석에 사용하였다.

2.2.1 교통량 분석

교통량(flow)이란 일정한 시간동안 수집된 차량대수를 의미하고, 단위는 vehicle per hour(veh/h/l)로 표현되며, 다음과 같은 계산과정을 거쳐 특성분석에 사용되었다(TRB, 1975).

$$Q = \frac{N}{T} = \frac{N}{\sum_{i=1}^N h_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{q_i}} \quad (2.1)$$

여기서,

Q : flow rate for 1hour(veh/h/l)

N : number of vehicles observed for unit time(veh)

T : unit time(1hour)

h_i : headway of each flow i (sec)

q_i : each flow i (veh)

연구대상 고속도로의 자료관측지점에 대한 차로당 통행량분포를 조사한 결과, 아래의 **Figure 2.1**에서 보는 바와 같이 요일별 시간별 통행량분포에서 뚜렷한 차이를 보였고, 또한 방향별 통행량분포에서도 서로 다른 침두 통행특성

을 보였다.

고속도로의 북쪽방향(northbound, NB)에서는 최대통행량이 약 960대(veh/h/l)로 평균통행량 약 480대(veh/h/l)와 비교하여 약 100%정도 증가하였고 최소통행량은 약 60대(veh/h/l)로 평균통행량보다 약 90%정도 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 고속도로 북쪽방향(NB)에서는 주중과 주말에 관계없이 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~12시)에는 통행량이 약 100%정도 증가하면서 주중에는 전형적인 출근목적이나 업무목적의 통행특성을 보이고 있었고 주말에는 여가목적이나 업무목적의 통행특성을 보이는 것으로 나타났다(참조 Table 2.2와 Figures 2.2~2.4).

그리고 고속도로의 남쪽방향(southbound, SB)에서는 최대통행량이 약 960대(veh/h/l)로 평균통행량 약 460대(veh/h/l)와 비교하여 약 110%정도 증가하였고, 최소통행량은 약 60대(veh/h/l)로 평균통행량과 비교하여 약 90%정도 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 고속도로의 남쪽방향(SB)에서는 주중과 주말에 관계없이 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~19시)에 통행량이 약 100%정도 증가하면서 주중에는 전형적인 업무목적이나 퇴근목적의 통행특성을 보이고 있었고 주말에는 여가목적이나 업무목적의 통행특성을 보이는 것으로 나타났다(참조 Table 2.2와 Figures 2.2~2.4).

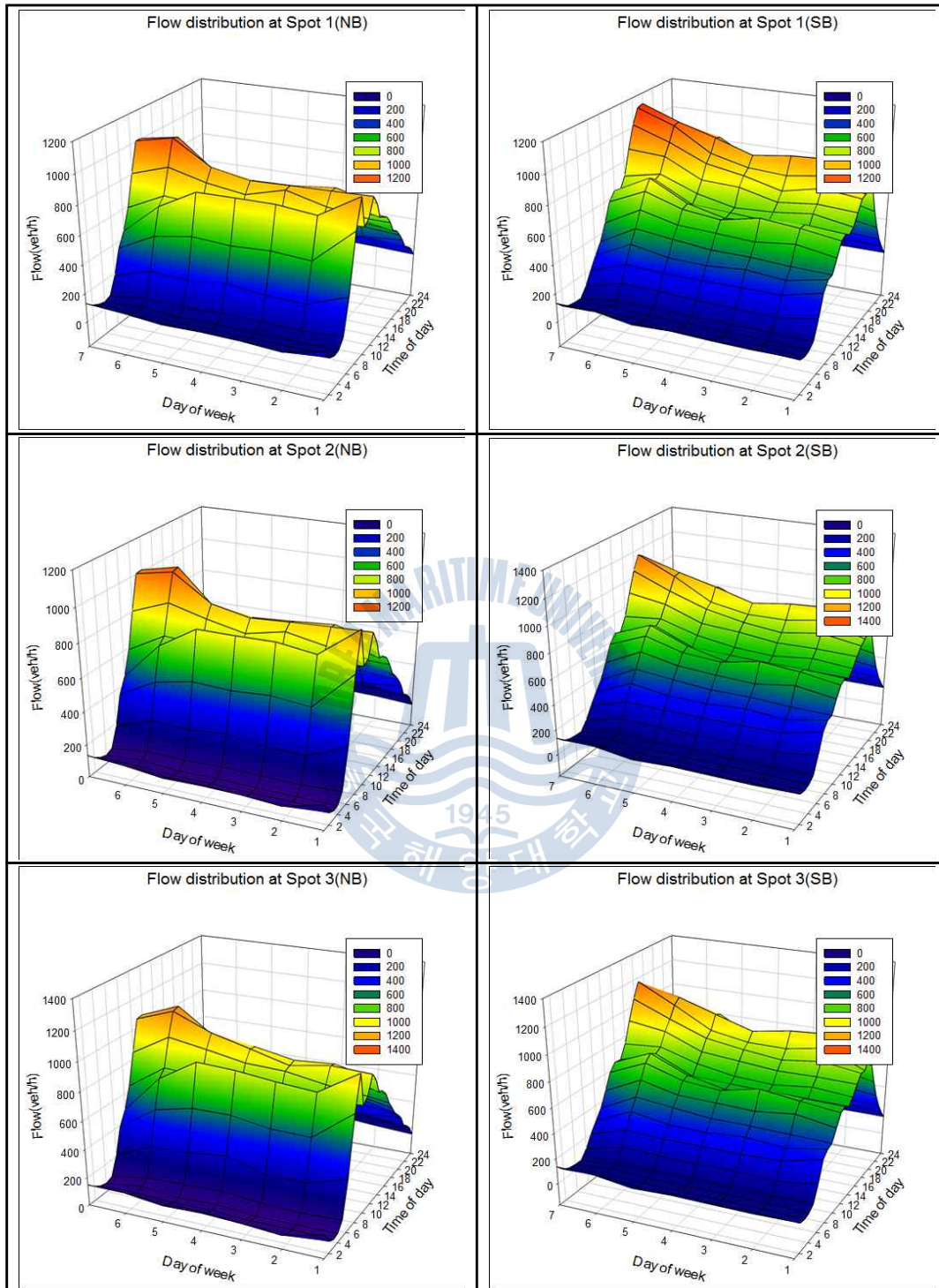


Figure 2.1 3D Flow rate graph in Ex-1

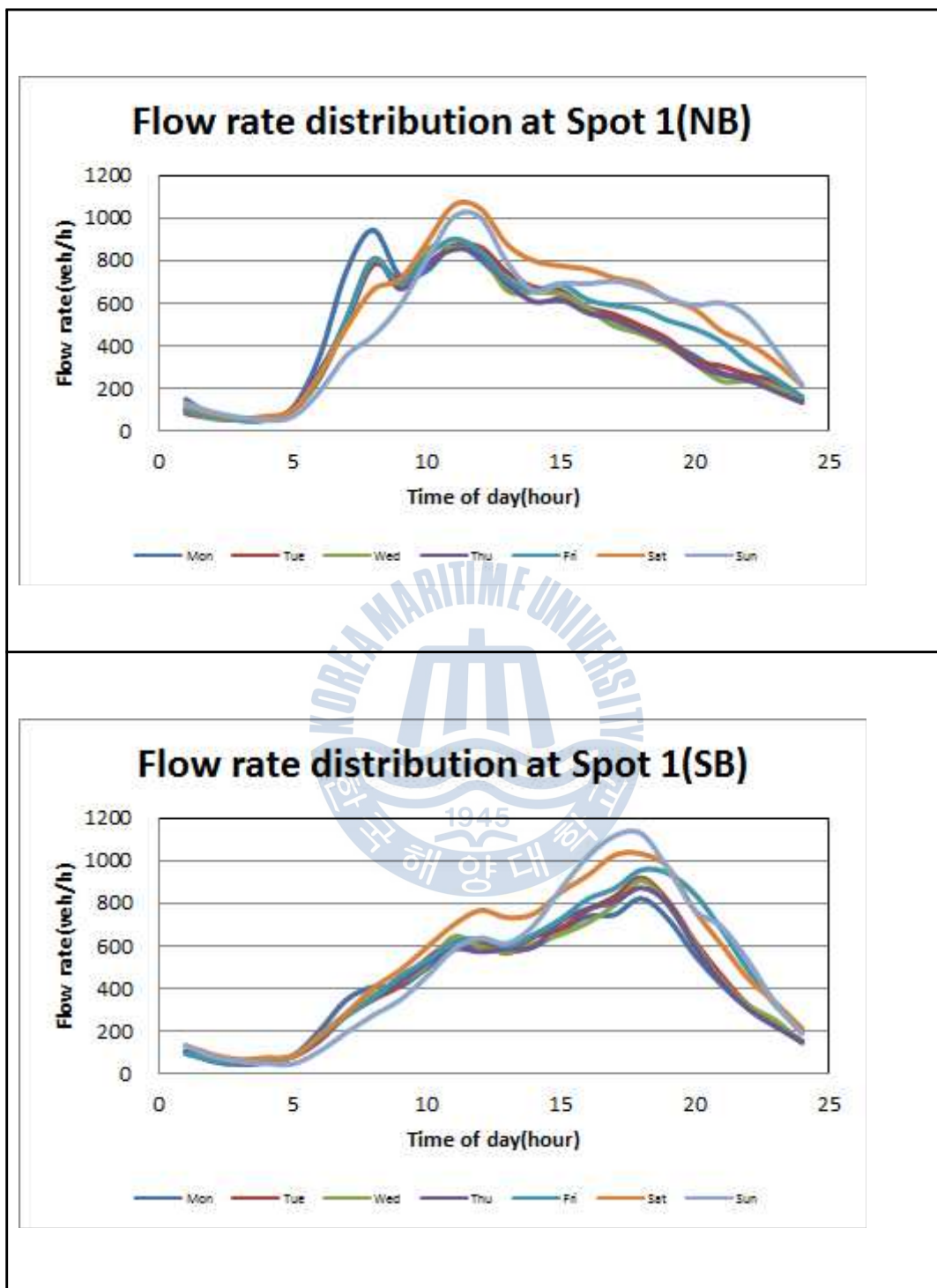


Figure 2.2 Flow rate distribution at Spot 1 of Ex-1

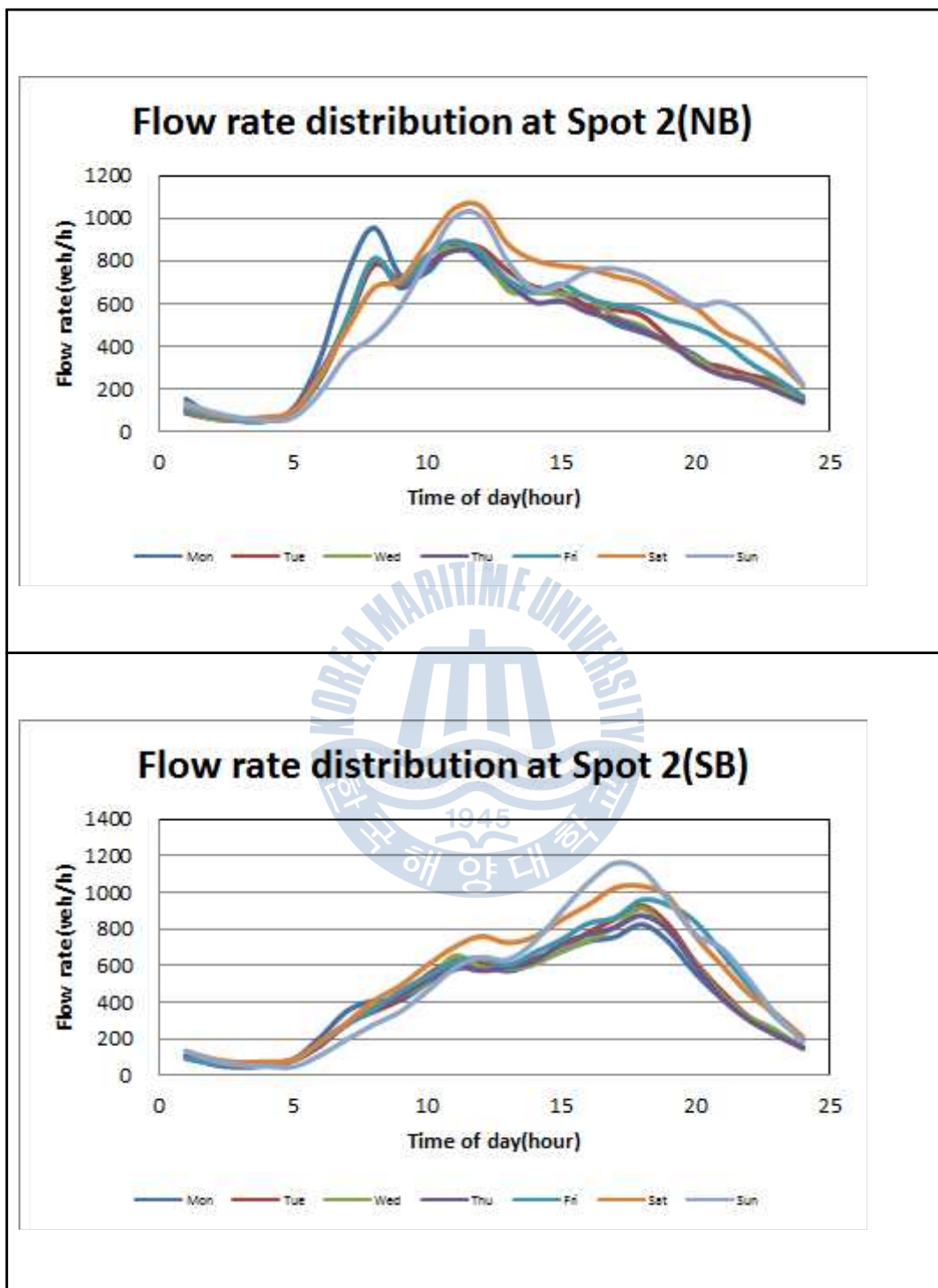


Figure 2.3 Flow rate distribution at Spot 2 of Ex-1

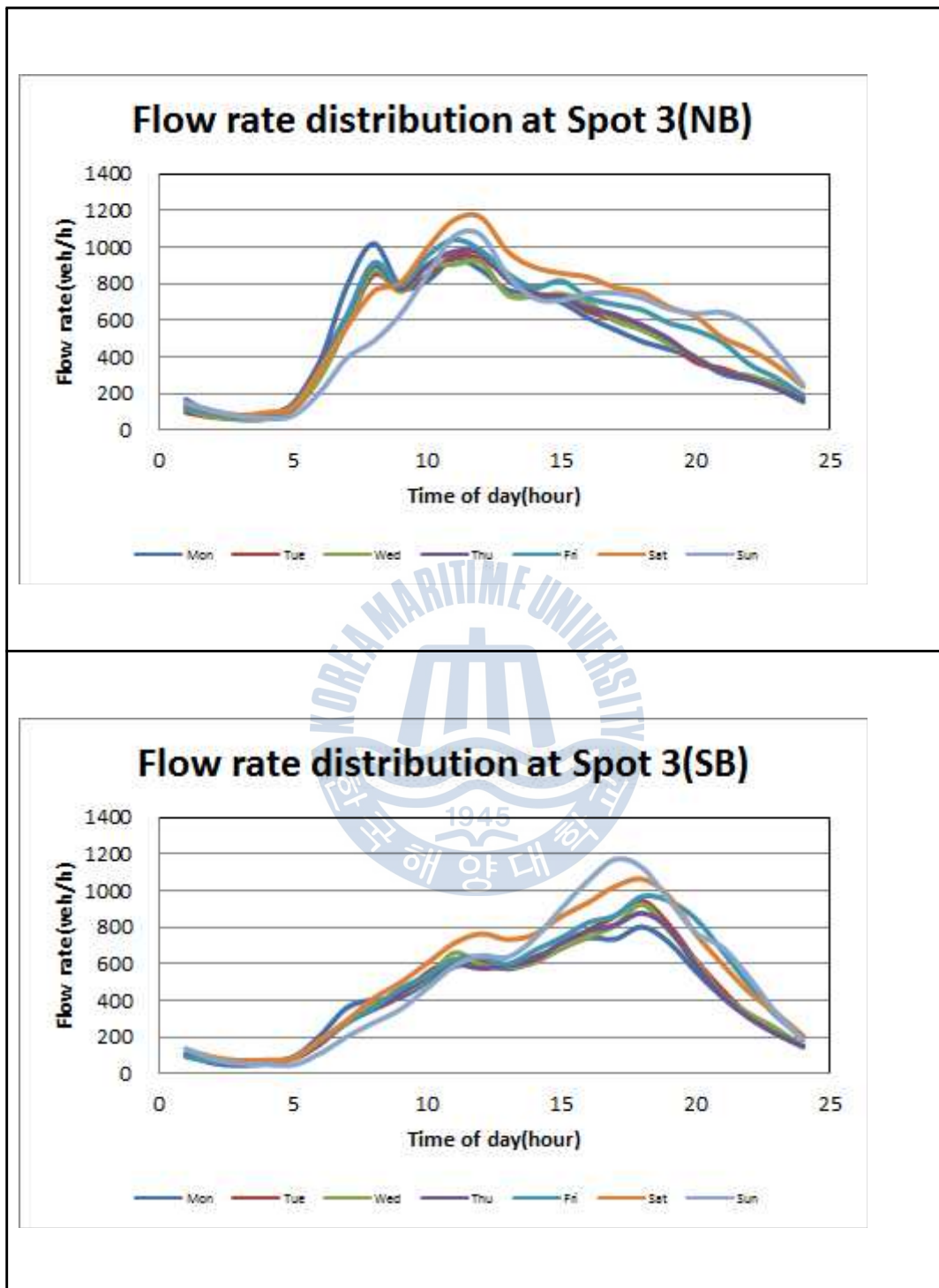


Figure 2.4 Flow rate distribution at Spot 3 of Ex-1

Table 2.2 Flow rate statistics in Expressway Ex-1

Flow rate(veh/h/l)							
NB	SPOT1	Min	53	SB	SPOT1	Min	55
		Max	926			Max	948
		Avg	462			Avg	455
		AM-Peak	916			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	948
	SPOT2	Min	53		SPOT2	Min	56
		Max	928			Max	955
		Avg	466			Avg	457
		AM-Peak	914			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	950
	SPOT3	Min	67		SPOT3	Min	56
		Max	1018			Max	964
		Avg	519			Avg	459
		AM-Peak	1002			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	957
	Avg	Min	58		Avg	Min	56
		Max	957			Max	955
		Avg	482			Avg	457
		AM-Peak	944			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	952

2.2.2 속도 분석

속도(speed)란 단위시간동안에 차량이 주행한 거리로서 단위는 kilometers per hour(km/h)로 표현되며 자료의 상호 비교 분석을 위해서 1시간 단위의 지점평균속도로 전환하여 분석에 사용하였다(May, 1990; Garber and Hoel, 1988).

$$U_s = \frac{3.6 \times D}{\bar{t}} = \frac{3.6 \times D}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{D}{u_i} \right)} \quad (2.2)$$

여기서,

U_s : spot mean speed(km/h)

D : distance between loop detectors at spot(m)

\bar{t} : mean travel time(sec)

u_i : travel speed for each vehicle i (km/h)

N : number of vehicles observed(veh)

연구대상 고속도로의 자료관측지점에 대한 속도분포를 조사한 결과, 아래의 **Figures 2.5**에서 보는 바와 같이 요일별 시간별 속도분포에서 뚜렷한 차이를 보였으나, 또한 방향별 속도분포에서는 상당한 차이를 보였다.

고속도로의 북쪽방향(northbound, NB)에서는 최대속도가 약103km/h로 평균속도 약 97km/h와 비교하여 약 6%정도 증가하였고, 최소속도는 약 88km/h로 평균속도보다 약 9%정도 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 고속도로의 북쪽방향(NB)에서는 주중과 주말에 관계없이 오전 침두시간대(AM-Peak: 10시~12시)에는 속도가 93km/h로 평균속도보다 약 4%정도 감소하는 것으로 나타났다(참조 **Table 2.3**과 **Figures 2.6~2.8**).

그리고 고속도로의 남쪽방향(southbound, SB)에서는 최대속도가 약

104km/h로 평균속도 약 99km/h와 비교하여 약 5%정도 증가하였고, 최소속도는 91km/h로 평균속도와 비교하여 약 8%정도 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 고속도로의 남쪽방향(SB)에서는 주중과 주말에 관계없이 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~19시)의 속도가 평균속도와 거의 같은 100km/h의 속도를 보이는 것으로 나타났다(참조 Table 2.3과 Figures 2.6~2.8).



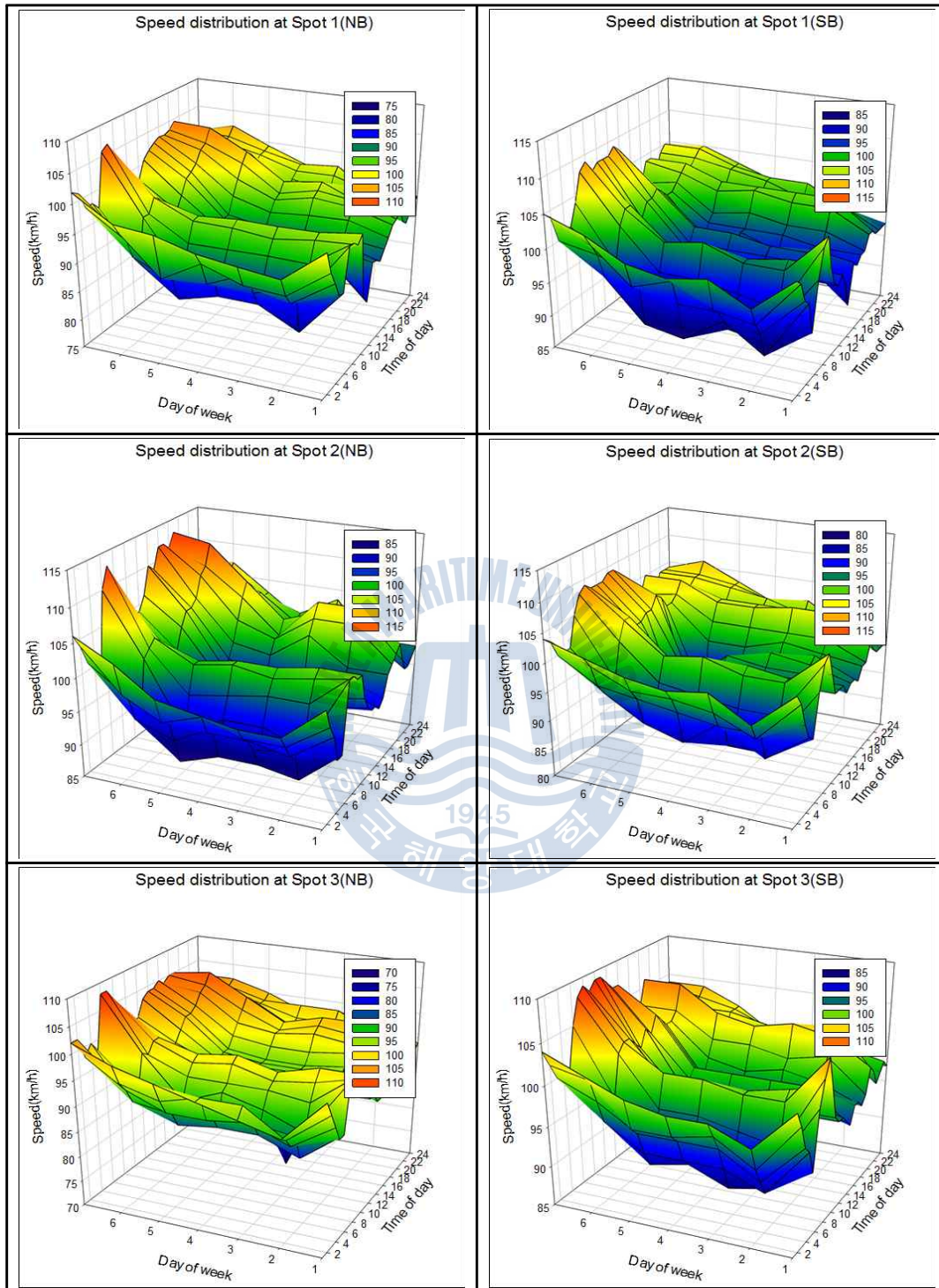


Figure 2.5 3D Speed graph in Ex-1

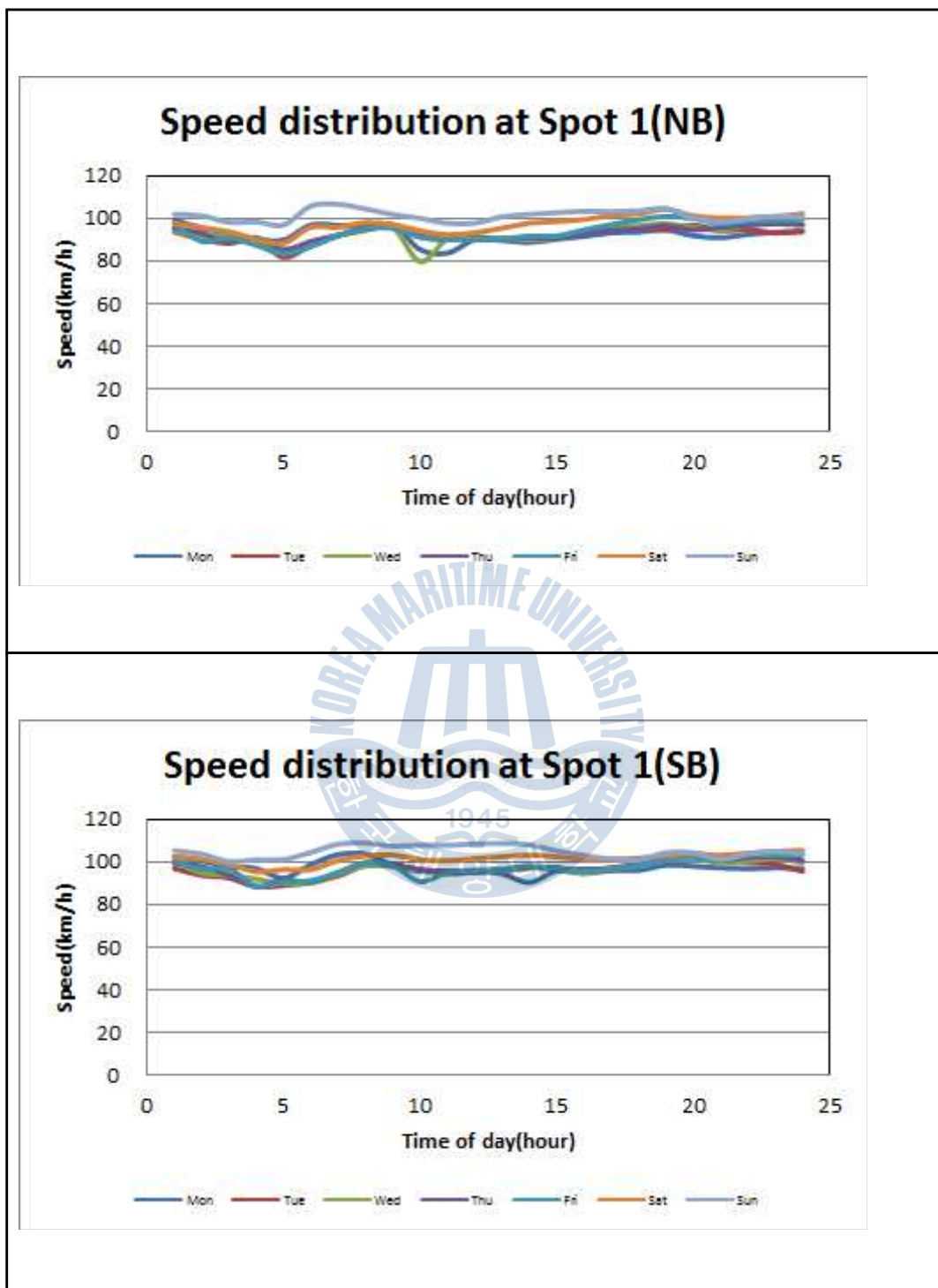


Figure 2.6 Speed distribution at Spot 1 of Ex-1

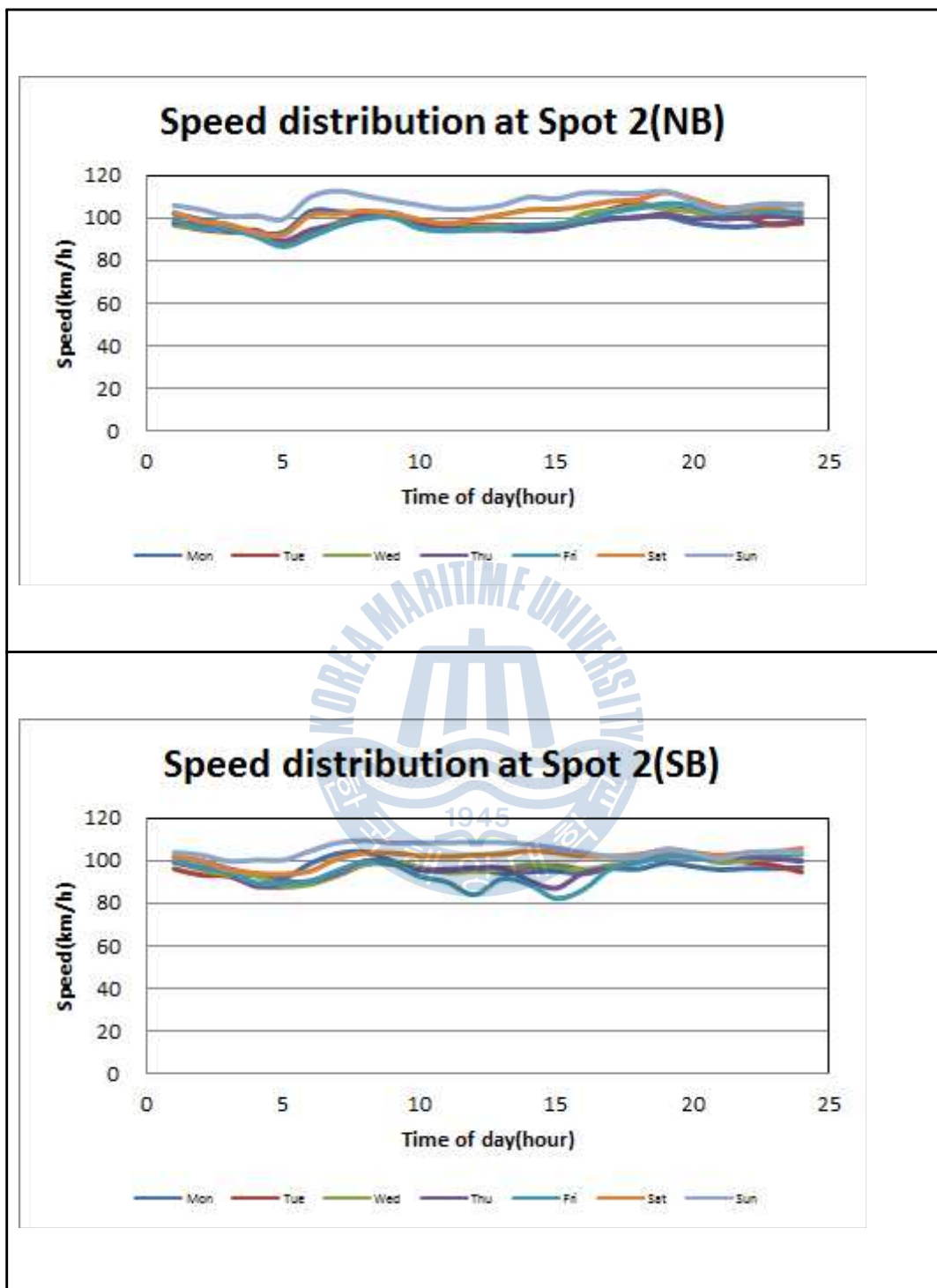


Figure 2.7 Speed distribution at Spot 2 of Ex-1

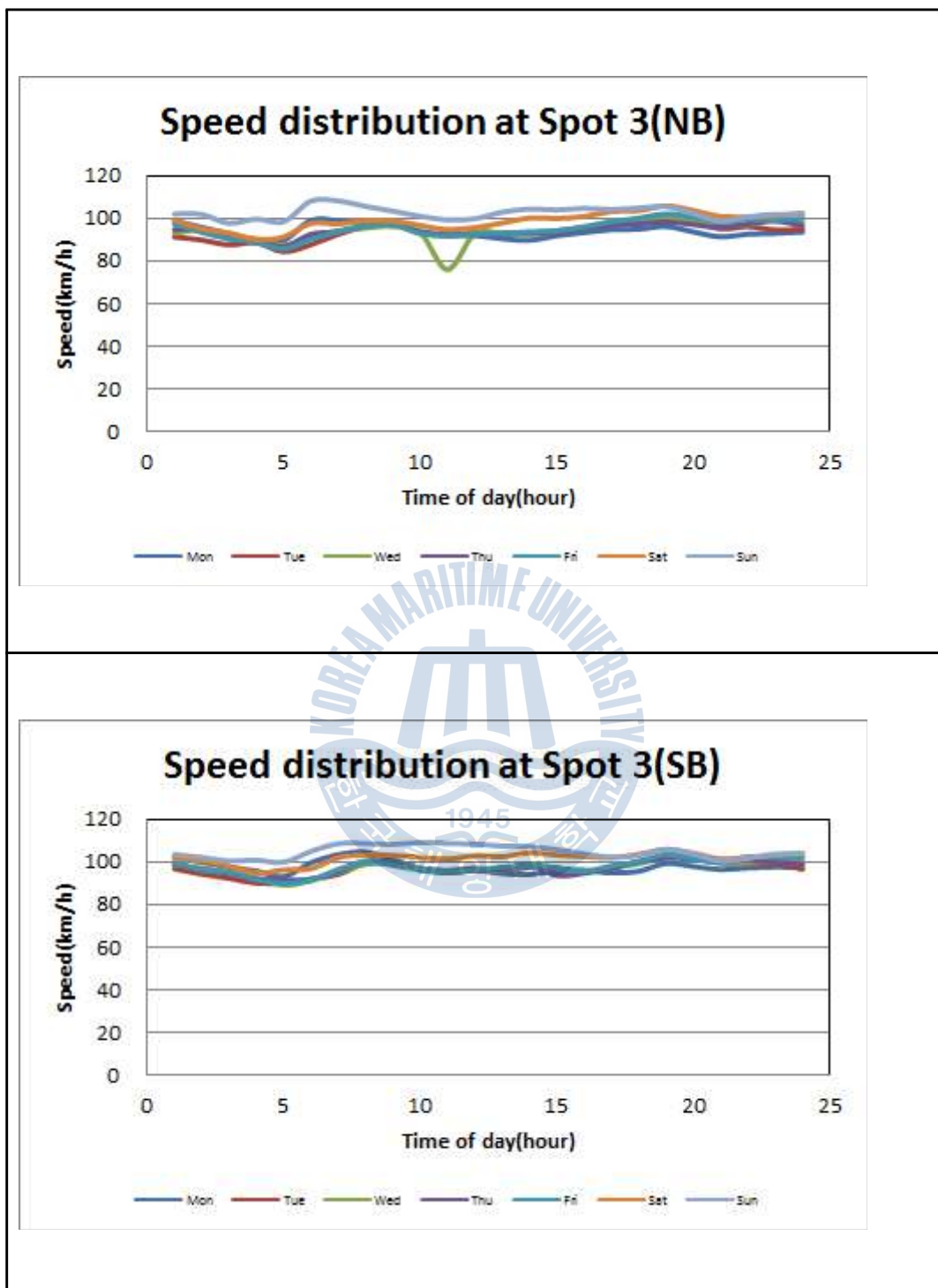


Figure 2.8 Speed distribution at Spot 3 of Ex-1

Table 2.3 Speed statistics in Expressway Ex-1

Speed(km/h)							
NB	SPOT1	Min	86	SB	SPOT1	Min	92
		Max	100			Max	104
		Avg	95			Avg	99
		AM-Peak	91			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	99
	SPOT2	Min	91		SPOT2	Min	90
		Max	107			Max	104
		Avg	100			Avg	98
		AM-Peak	97			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	100
	SPOT3	Min	87		SPOT3	Min	93
		Max	102			Max	104
		Avg	96			Avg	99
		AM-Peak	91			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	100
	Avg	Min	88		Avg	Min	91
		Max	103			Max	104
		Avg	97			Avg	99
		AM-Peak	93			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	100

2.2.3 밀도 분석

일반적으로 밀도(density)란 단위구간 내 통행하고 있는 차량대수로 단위는 vehicle per kilometer per lane(veh/km/l)로 표현되며, 다음과 같이 속도와 차 두시간의 관계로부터 산정하여 특성분석에 사용하였다(김 등, 2007; 김 등, 2008 이 등, 1999; TRB, 1975).

$$D_h = \frac{\overline{T_h} \times U_s}{3.6} \quad (2.3)$$

$$K = \frac{1,000}{D_h} \quad (2.4)$$

여기서,

- $\overline{T_h}$: mean headway(sec)
- D_h : headway distance(m/veh)
- U_s : space mean speed(km/h)
- K : density(veh/km/l)

연구대상 고속도로의 자료관측지점에 대한 차로당 밀도분포를 조사한 결과, 아래의 **Figures 2.9**에서 보는 바와 같이 요일별 시간별 밀도분포에서 뚜렷한 차이를 보였고, 또한 방향별 밀도분포에서도 서로 다른 첨두 특성을 보였다.

고속도로의 북쪽방향(northbound, NB)에서는 최대밀도가 약 10veh/km/l로 평균밀도 약 5veh/km/l와 비교하여 약 100%정도 증가하였고 최소밀도는 약 1veh/km/l로 평균밀도보다 약 100%정도 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 고속도로 북쪽방향(NB)에서는 주중과 주말에 관계없이 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~12시)에는 밀도가 약 100%정도 증가하면서 주중에는 전형적인 출근목적이거나 업무목적의 통행특성을 보이고 있었고 주말에는 여가목적의

나 업무목적의 통행특성을 보이는 것으로 나타났다(참조 Table 2.4과 Figures 2.10~2.12).

그리고 고속도로의 남쪽방향(southbound, SB)에서는 최대밀도는 약 10veh/km/l로 평균밀도 약 5veh/km/l와 비교하여 약 100%정도 증가하였고, 최소밀도는 약 1veh/km/l로 평균밀도와 비교하여 약 80%정도 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 고속도로의 남쪽방향(SB)에서는 주중과 주말에 관계없이 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~19시)에 밀도가 약 100%정도 증가하면서 주중에는 전형적인 업무목적이나 퇴근목적의 통행특성을 보이고 있었고 주말에는 여가목적이나 업무목적의 통행특성을 보이는 것으로 나타났다(참조 Table 2.4과 Figures 2.10~2.12).



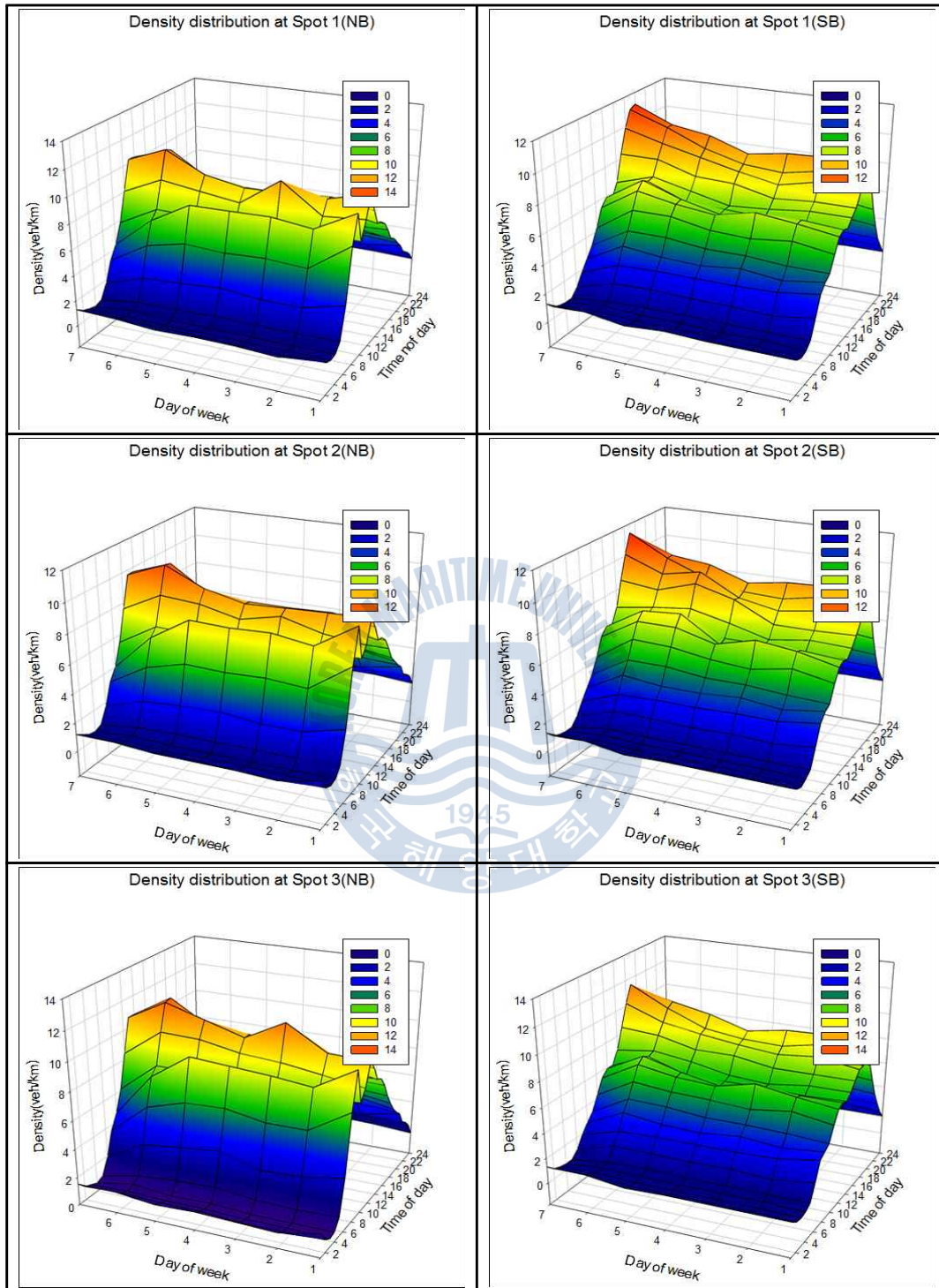


Figure 2.9 3D Density graph in Ex-1

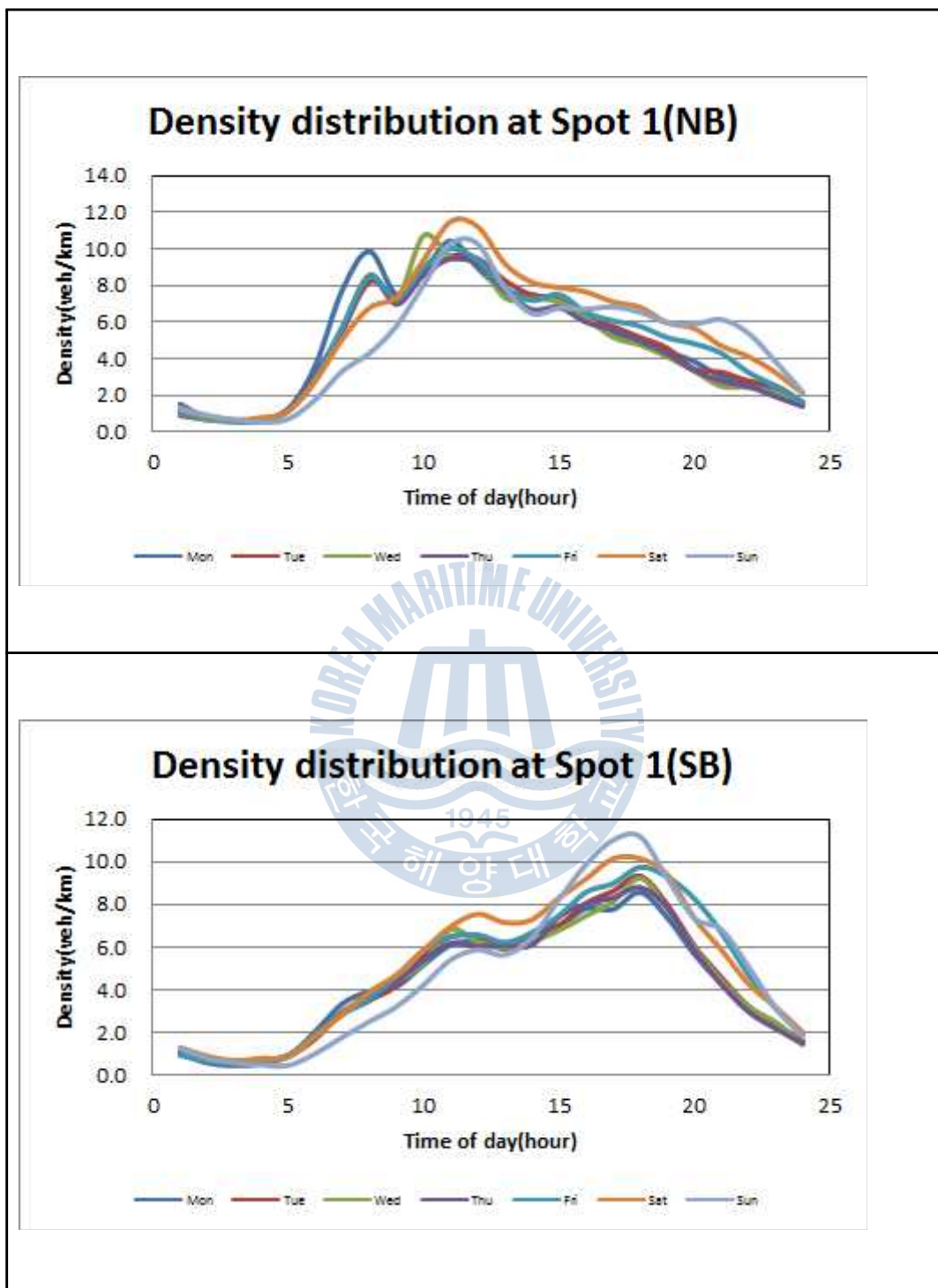


Figure 2.10 Density distribution at Spot 1 of Ex-1

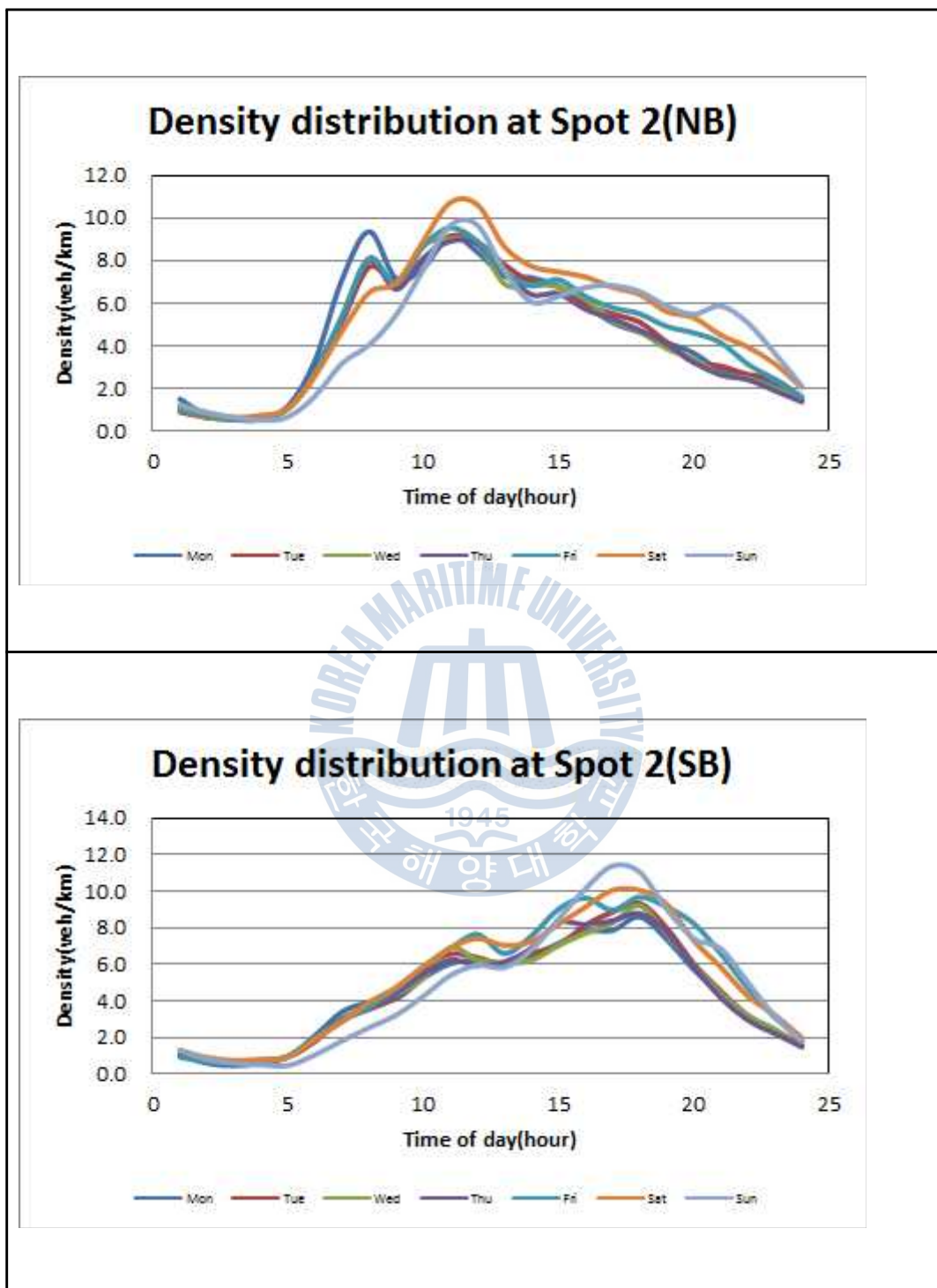


Figure 2.11 Density distribution at Spot 2 of Ex-1

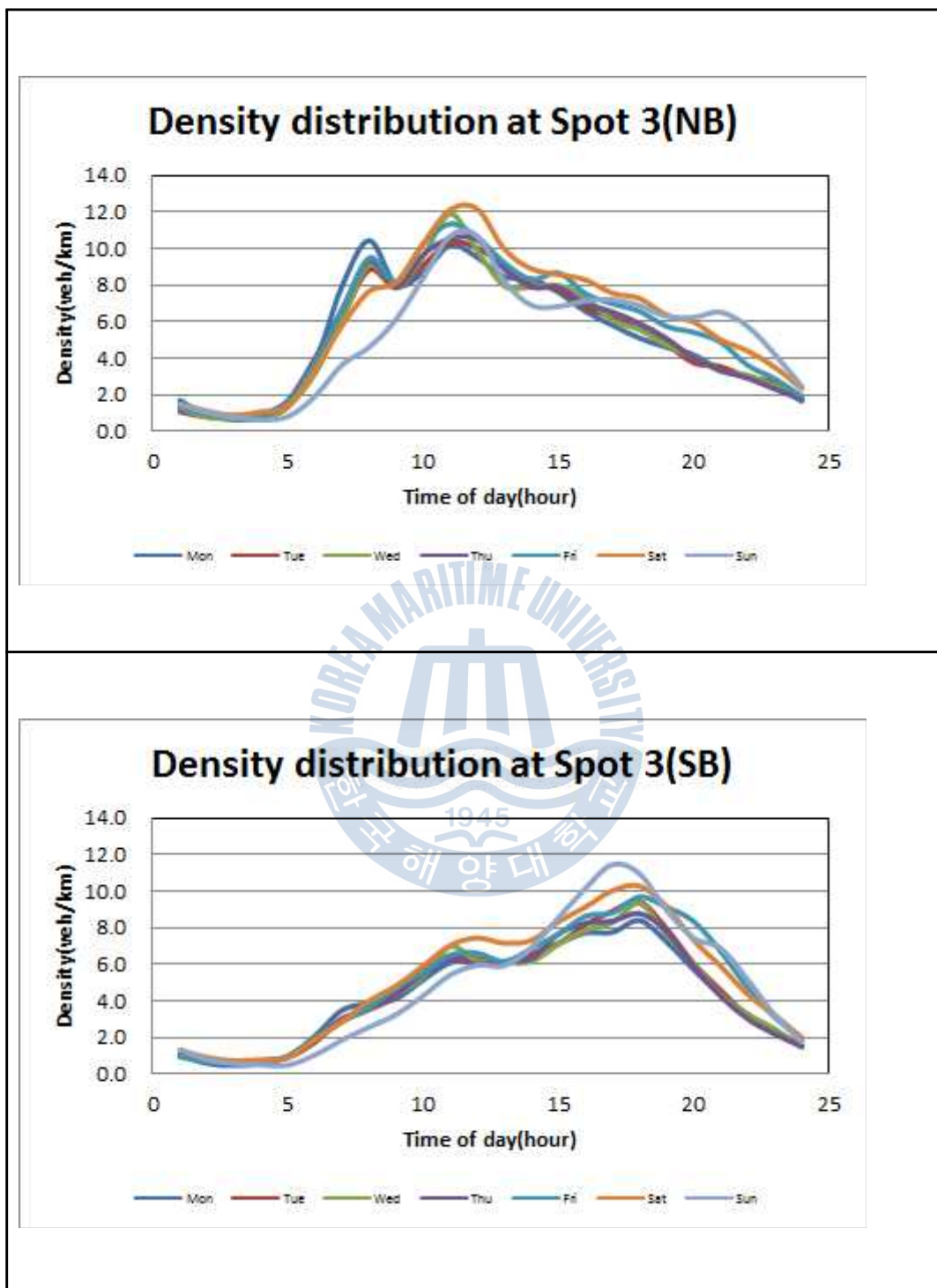


Figure 2.12 Density distribution at Spot 3 of Ex-1

Table 2.4 Density statistics in Expressway Ex-1

Density(veh/km/l)							
NB	SPOT1	Min	1	SB	SPOT1	Min	1
		Max	10			Max	10
		Avg	5			Avg	5
		AM-Peak	1			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	10
	SPOT2	Min	1		SPOT2	Min	1
		Max	9			Max	10
		Avg	5			Avg	5
		AM-Peak	9			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	10
	SPOT3	Min	1		SPOT3	Min	1
		Max	11			Max	10
		Avg	5			Avg	5
		AM-Peak	11			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	10
	Avg	Min	1		Avg	Min	1
		Max	10			Max	10
		Avg	5			Avg	5
		AM-Peak	10			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	10

2.2.4 점유율 분석

일반적으로 점유율(occupancy)이란 단위시간 내 검지기를 점유하고 있는 시간의 상대비율을 의미하고, 단위는 percent(%)로 표현되며, 1시간 단위의 평균 비율로 전환되어 특성분석에 사용하였다(조, 2012; 김 등, 2009; 이 등, 1999; 장 등, 2003; May, 1990).

$$O = \frac{\sum_{i=1}^N (t_o)_i}{T} \quad (2.5)$$

여기서,

- O : occupancy(%)
- $(t_o)_i$: time that detector is occupied by i -th vehicle(sec)
- N : number of vehicles detected in time period T (veh)
- T : unit time period(15 min or 1hour)

연구대상 고속도로의 자료관측지점에 대한 차로당 점유율분포를 조사한 결과, 아래의 **Figures 2.13**에서 보는 바와 같이 요일별 시간별 점유율분포에서 뚜렷한 차이를 보였고, 또한 방향별 점유율분포에서도 서로 다른 침투 특성을 보였다.

고속도로의 북쪽방향(northbound, NB)에서는 최대점유율이 약 3.6%로 평균 점유율 약 1.8%와 비교하여 약 100%정도 증가하였고 최소점유율은 약 0.5%로 평균점유율보다 약 70%정도 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 고속도로 북쪽방향(NB)에서는 주중과 주말에 관계없이 오전 침투시간대(AM-Peak: 10시~12시)에는 점유율이 약 90%정도 증가하면서 주중에는 전향적인 출근목적이나 업무목적의 통행특성을 보이고 있었고 주말에는 여가목적이나 업무목적의 통행특성을 보이는 것으로 나타났다(참조 **Table 2.4**과 **Figures 2.10~2.12**).

고속도로의 남쪽방향(southbound, SB)에서는 최대점유율은 약 3.6%로 평균 점유율 약 1.7%와 비교하여 약 110%정도 증가하였고, 최소점유율은 거의 약 0.5%로 평균점유율과 비교하여 약 70%정도 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 고속도로의 남쪽방향(SB)에서는 주중과 주말에 관계없이 오후 첨두시간대 (PM-Peak: 17시~19시)에 점유율이 약 110%정도 증가하면서 주중에는 전형적인 업무목적이나 퇴근목적의 통행특성을 보이고 있었고 주말에는 여가목적이거나 업무목적의 통행특성을 보이는 것으로 나타났다(참조 Table 2.5과 Figures 2.14~2.16).



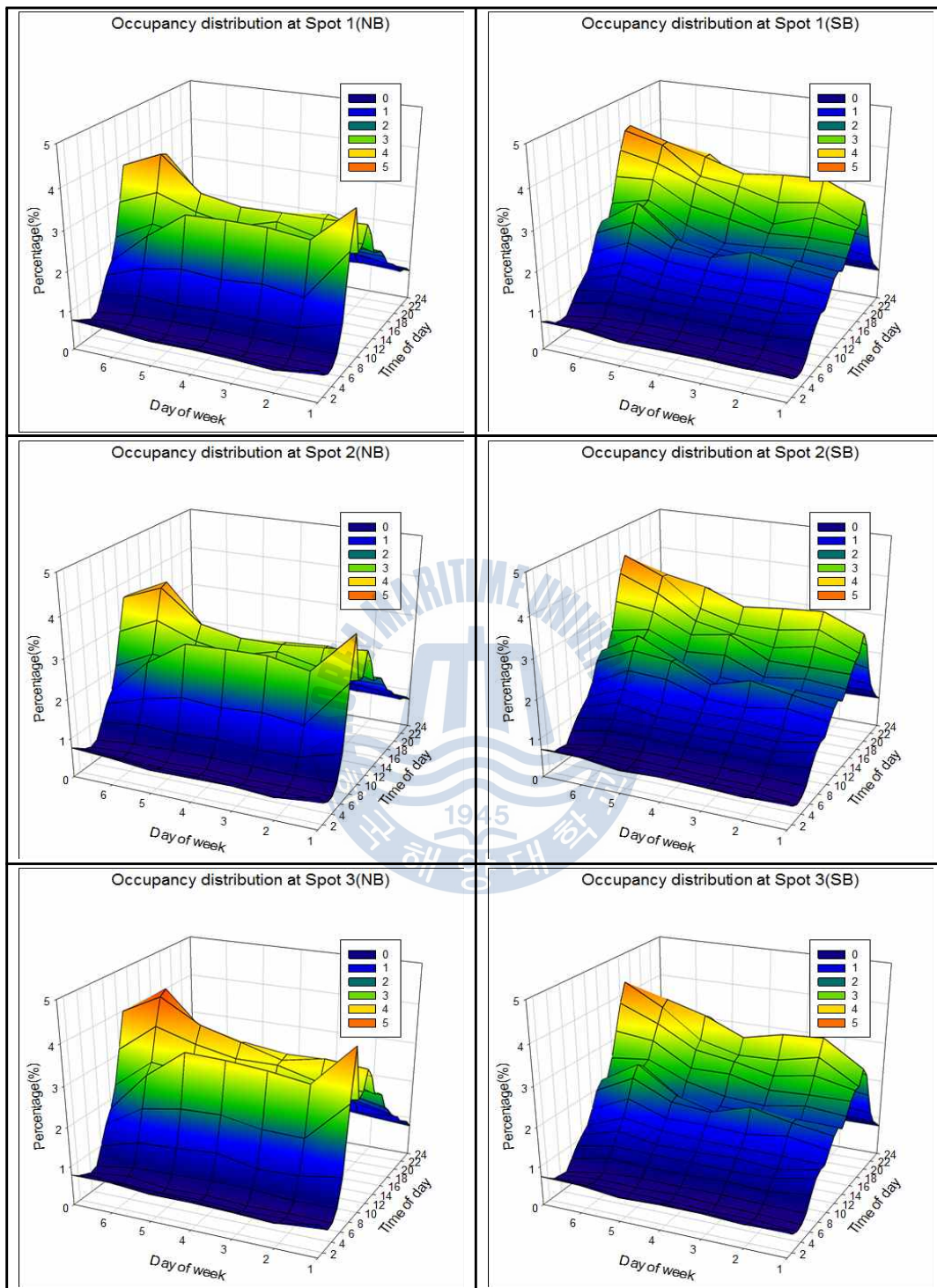


Figure 2.13 3D Occupancy graph in Ex-1

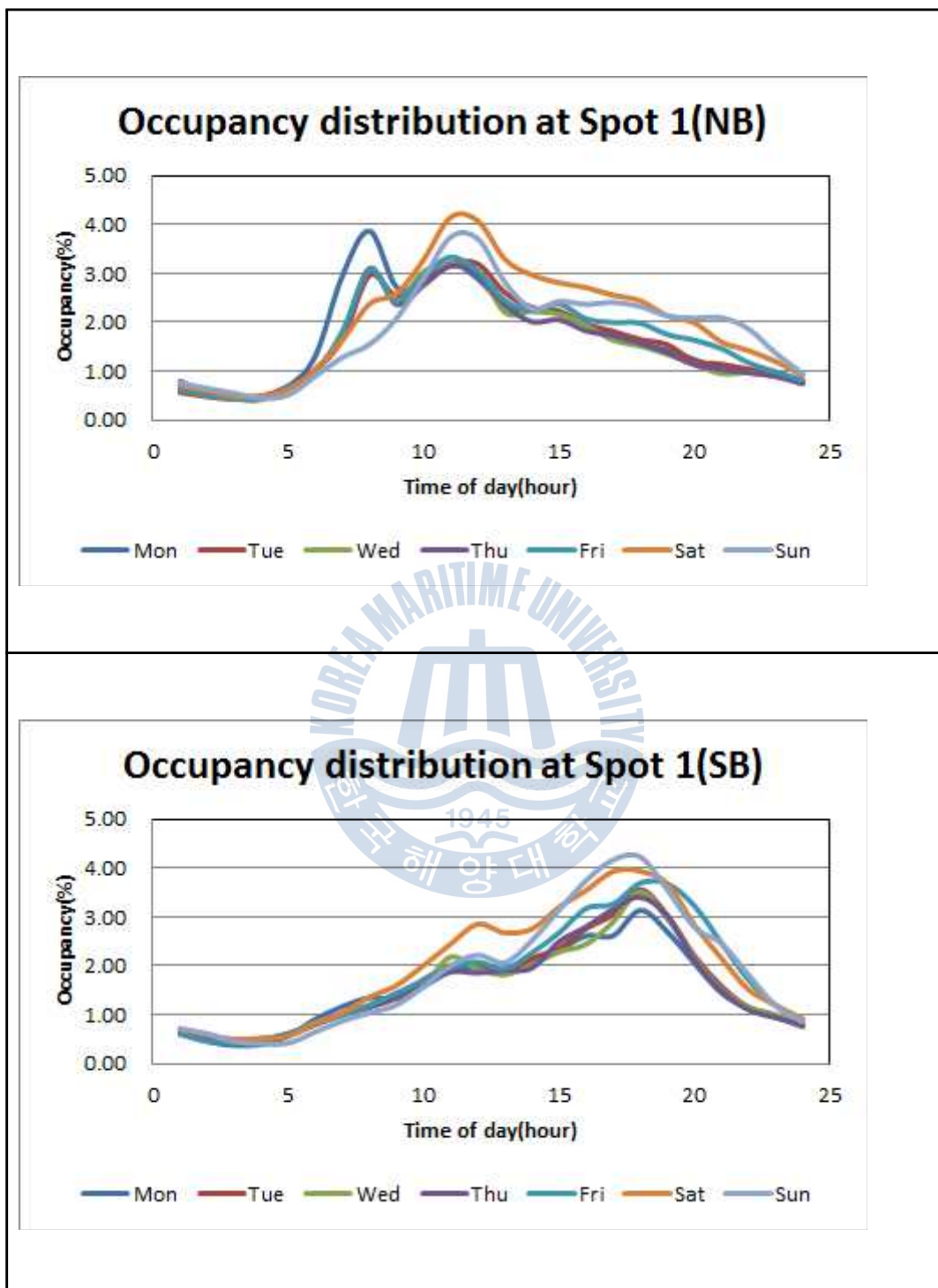


Figure 2.14 Occupancy distribution at Spot 1 of Ex-1

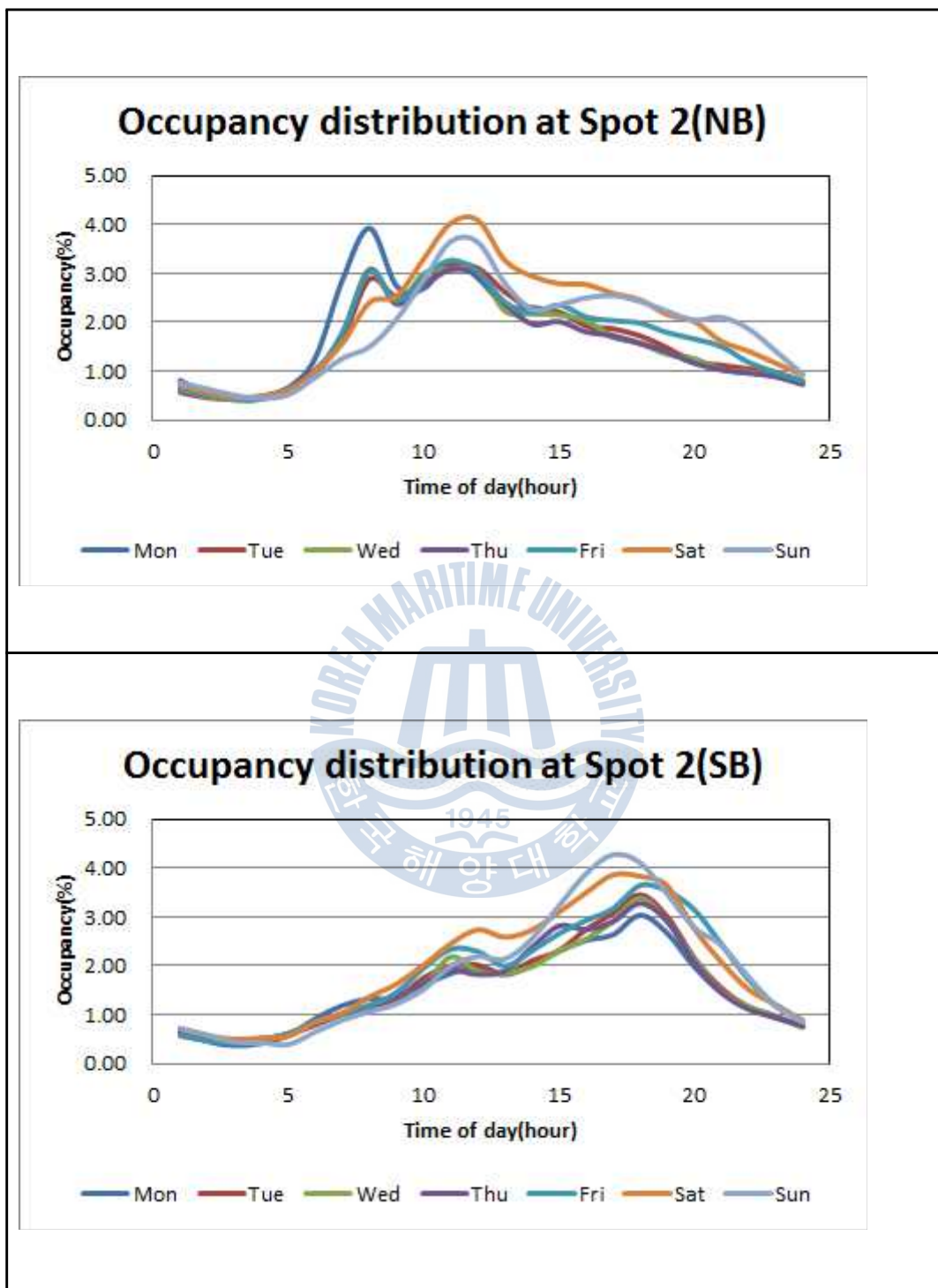


Figure 2.15 Occupancy distribution at Spot 2 of Ex-1

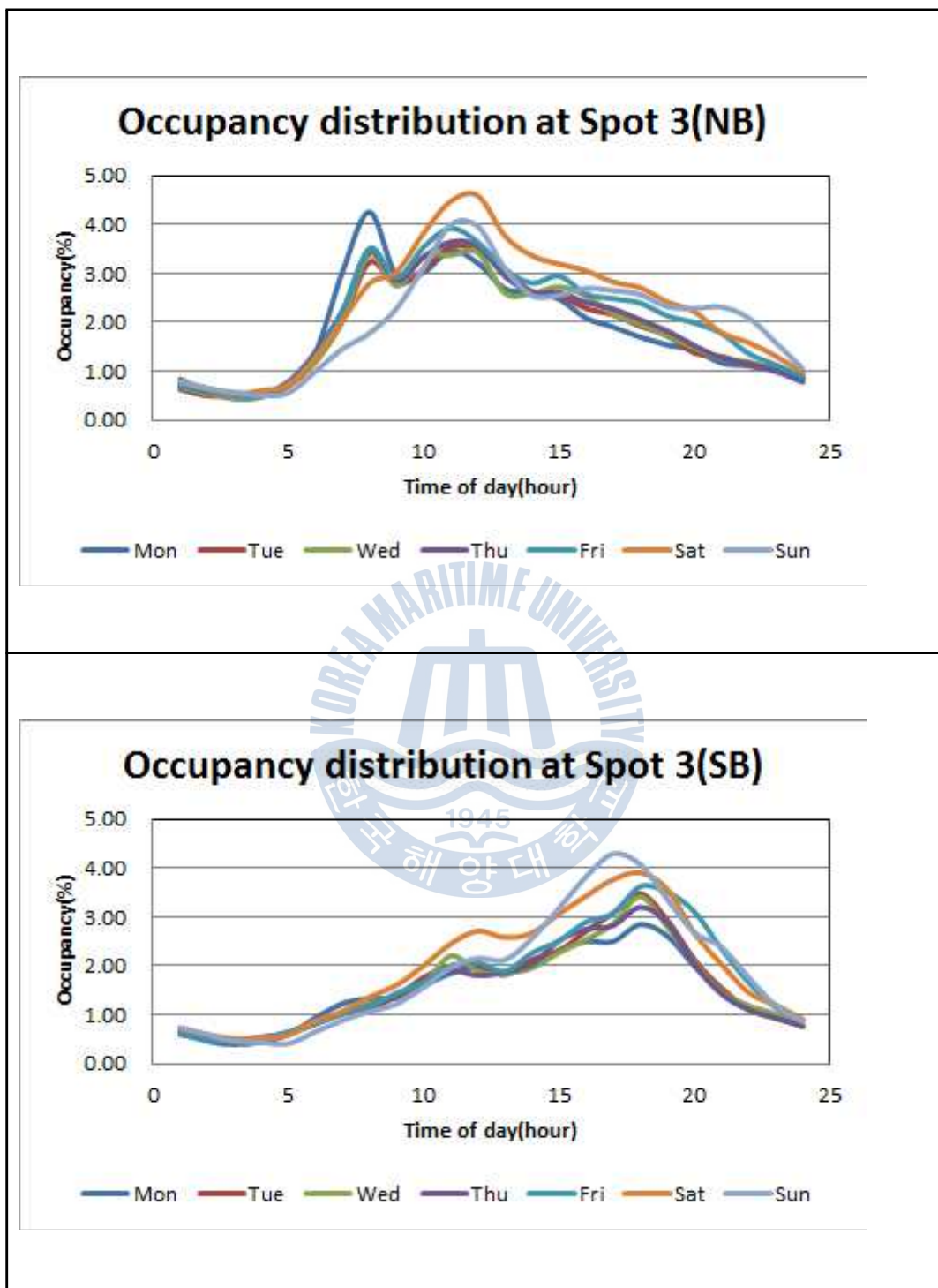


Figure 2.16 Occupancy distribution at Spot 3 of Ex-1

Table 2.5 Occupancy statistics in Expressway Ex-1

Occupancy(%)							
NB	SPOT1	Min	0.4	SB	SPOT1	Min	0.4
		Max	3.5			Max	3.6
		Avg	1.7			Avg	1.7
		AM-Peak	3.4			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	3.6
	SPOT2	Min	0.4		SPOT2	Min	0.4
		Max	3.5			Max	3.6
		Avg	1.7			Avg	1.7
		AM-Peak	3.4			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	3.5
	SPOT3	Min	0.5		SPOT3	Min	0.5
		Max	3.9			Max	3.5
		Avg	2.0			Avg	1.7
		AM-Peak	3.8			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	3.5
	Avg	Min	0.5		Avg	Min	0.5
		Max	3.6			Max	3.6
		Avg	1.8			Avg	1.7
		AM-Peak	3.5			AM-Peak	—
		PM-Peak	—			PM-Peak	3.6

결과적으로 고속도로의 교통특성은 방향별로 서로 다른 첨두 통행특성을 보이고 있었으므로 설계시간계수는 방향별로 구분하여 분석하는 것이 바람직하고, 고속도로의 기능이 극대화될 수 있도록 방향별 통행특성에 기초하여 실시간의 고속도로 교통관리개선방안을 검토할 필요가 있다고 생각하였다.



3. 설계시간계수(K)의 분석

설계시간계수(K)란 1일 24시간 총통행량에 대한 1시간 통행량의 비율로서 다음과 같이 나타낼 수 있으며 연구대상 국내 고속도로 Ex-1에 대해 시간별 설계시간계수를 산정하여 특성분석에 사용하였다.

$$K = \frac{Q}{\sum_{i=1}^{24} Q_i}$$

여기서,

K : design hour factor

Q : traffic volume for 1 hour(veh)

Q_i : traffic volume of i -th hour(veh)

연구대상 고속도로 Ex-1의 방향별 3개 지점에 대해서 요일별 방향별 시간별 설계시간계수(K)를 비교해보면, 평균 설계시간계수(K)는 아래 **Table 3.1**과 **Figure 3.1**에서 알 수 있듯이 요일이나 방향에 관계없이 0.042로 거의 동일하게 나타났으나, 첨두 설계시간계수(K)에서는 월요일을 제외하고 남쪽방향(SB)도로가 북쪽방향(NB)도로에 비해 다소 높게 나타났다. 특히, 고속도로 Ex-1의 북쪽방향(NB)도로에서는 오전에 최대 설계시간계수(K)가 약 0.080~0.087 사이로 나타났고 남쪽방향(SB)도로에서는 오후에 최대 설계시간계수(K)가 약 0.082~0.096로 차이를 보임으로써 설계시간계수(K)의 분석은 방향별로 분리 수행하였다(참조 **Table 3.1**과 **Figure 3.2**).

Table 3.1 Directional K-Statistics in Expressway Ex-1

Direction	Statistics	K						
		Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
NB	Max	<u>0.087</u>	0.082	0.082	0.083	0.080	0.082	0.083
	Min	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.004
	Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
SB	Max	0.082	0.089	0.089	0.086	0.083	0.083	<u>0.096</u>
	Min	0.004	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004
	Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042

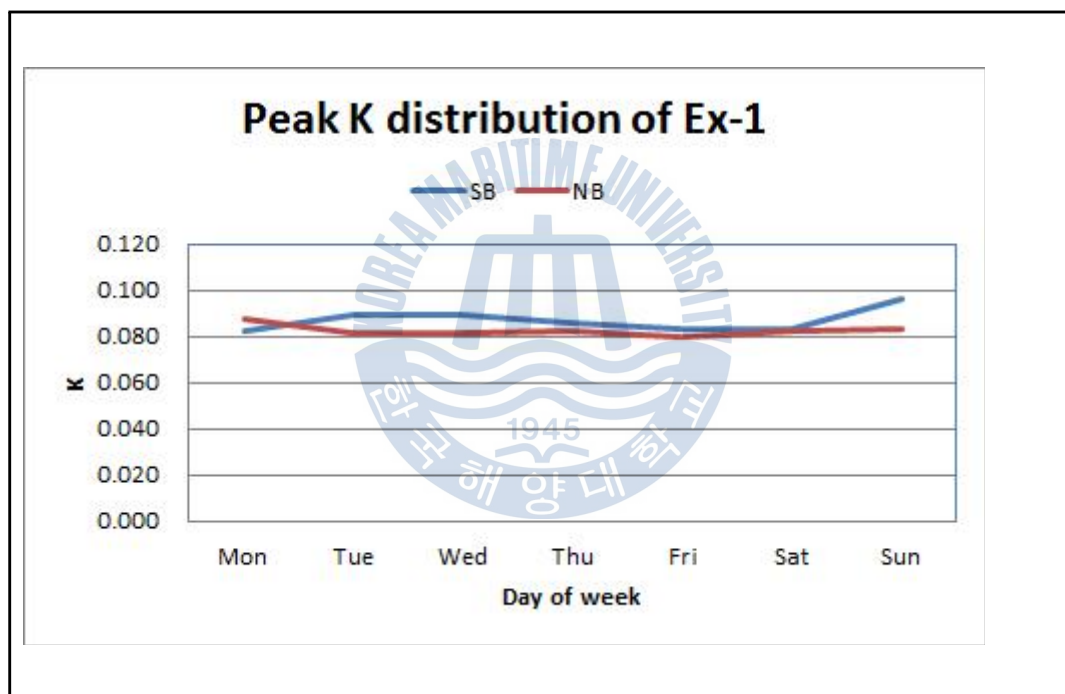


Figure 3.1 Directional Peak K distribution in Ex-1

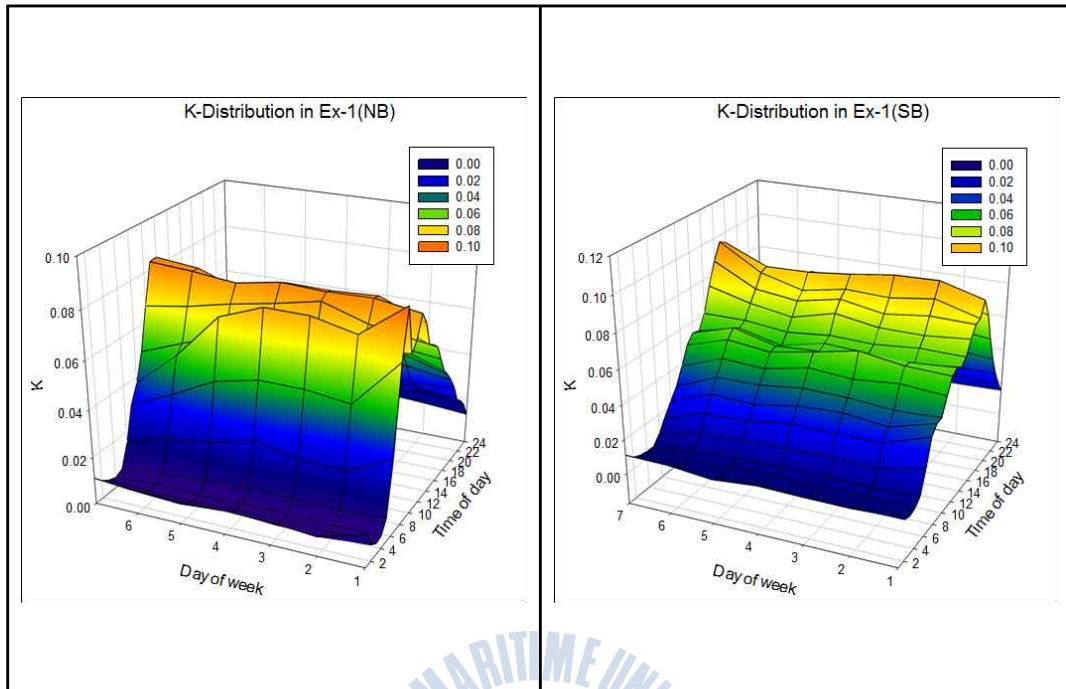


Figure 3.2 3D K-Graph in Ex-1

3.1 북쪽방향(NB) 차로의 설계시간계수(K) 분석

연구대상 고속도로 Ex-1의 북쪽방향(NB)도로의 설계시간계수(K)를 비교해보면, 아래의 **Figures 3.3**에서 보는 바와 같이 방향별로 특정시간대에 서로 다른 첨두 특성을 보이는 것으로 나타났는데, 출근시간대인 오전 8시경에 출근차량의 집중으로 설계시간계수(K)가 약 0.070~0.088사이의 첨두 상태에 도달한 후 급감하였다가 다시 오전 11시경에 업무차량의 집중으로 설계시간계수(K)가 0.078~0.084사이의 첨두 상태(0.082)에 도달하였다가 오후시간대에 접어들어 설계시간계수(K)가 점점 감소하는 것으로 나타났다(참조 **Figures 3.3~3.7**).

각 관측지점의 요일별 설계시간계수(K)를 비교해보면, 우선적으로 관측지점 1(spot 1)에서는 최대 설계시간계수(K)가 요일별로 0.081~0.087사이로 나타났고 최소 설계시간계수(K)는 요일별로 0.004~0.005로 나타났으며 평균 설계시간계수는 요일별로 모두 0.042로 거의 동일하게 나타났다. 다음으로 관측지

점 2(spot 2)에서는 최대 설계시간계수(K)가 요일별로 0.080~0.088사이로 나타났고 최소 설계시간계수(K)는 요일별로 0.004~0.005로 나타났으며 평균 설계시간계수는 요일별로 모두 0.042로 역시 거의 동일하게 나타났다. 마지막으로 관측지점 3(spot 3)에서는 최대 설계시간계수(K)가 요일별로 0.080~0.087사이로 나타났고 최소 설계시간계수(K)는 요일별로 0.004~0.006로 나타났으며 평균 설계시간계수는 요일별로 모두 0.042로 거의 동일하게 나타남으로써 지점별로 차이가 거의 없었으며 고속도로 Ex-1의 북쪽방향(NB)도로에서는 오전시간대에 출근차량과 업무차량의 집중으로 2개의 첨두시간대를 갖는 것으로 나타났다(참조 Table 3.2).

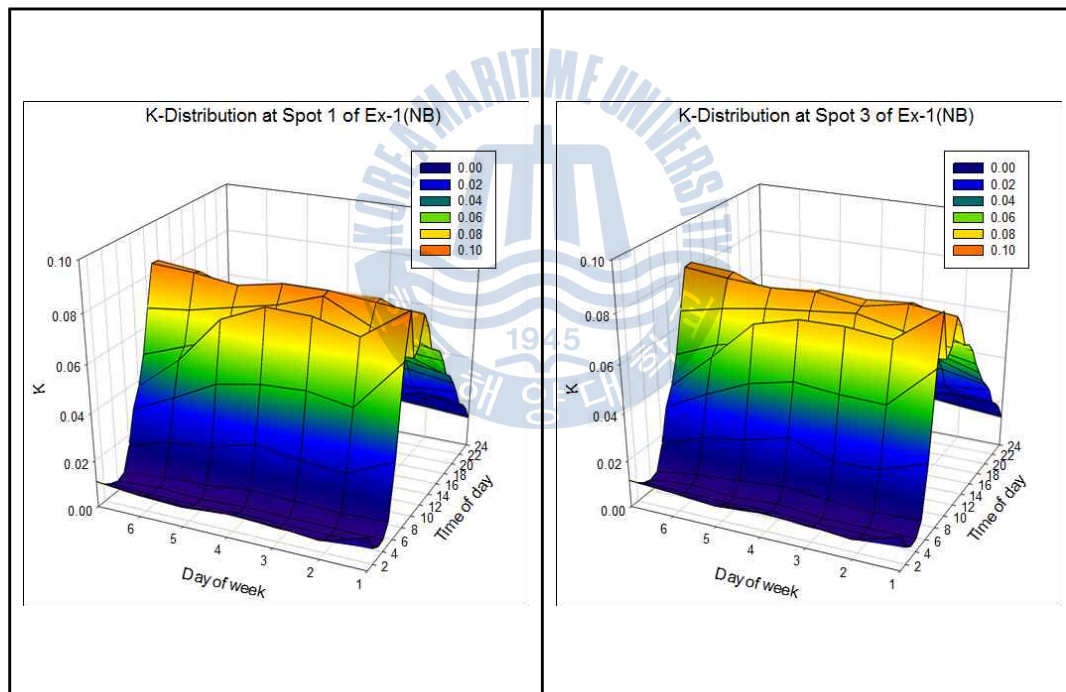


Figure 3.3 3D K-Graph in Ex-1(NB)

Table 3.2 K-Statistics at spots of Expressway Ex-1(NB)

Direction/ Spot		Statistics	K						
			Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
NB	S1	Max	<u>0.087</u>	0.082	0.084	0.084	0.081	0.083	0.084
		Min	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004
		Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
	S2	Max	<u>0.088</u>	0.082	0.083	0.083	0.080	0.082	0.083
		Min	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004
		Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
	S3	Max	<u>0.087</u>	0.082	0.079	0.081	0.080	0.082	0.083
		Min	0.004	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004
		Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042

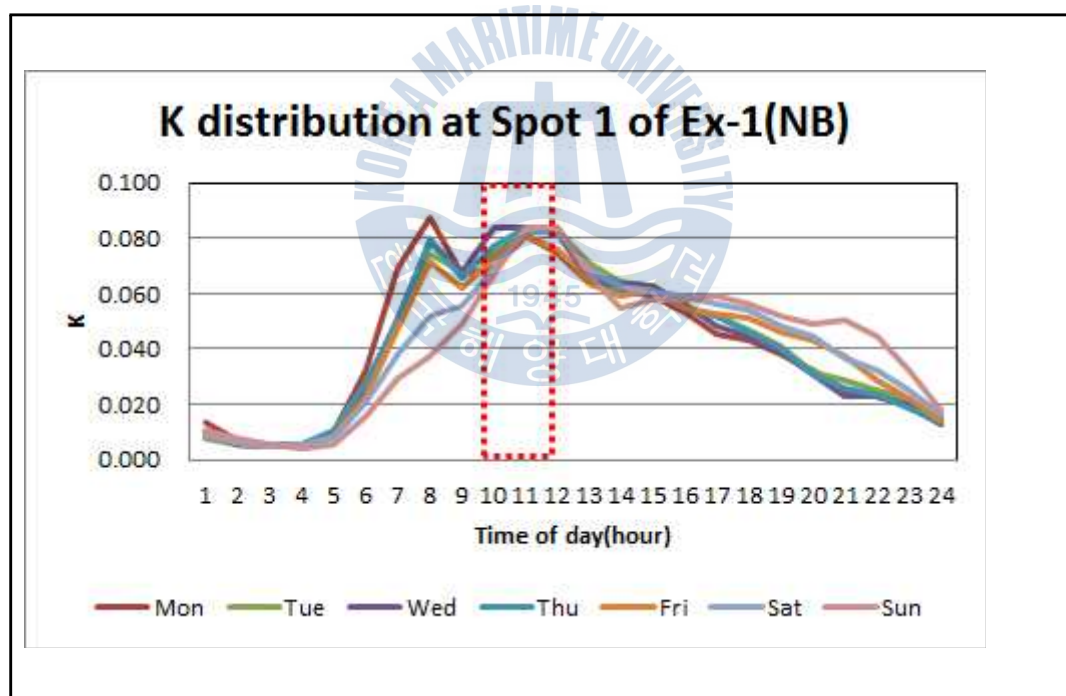


Figure 3.4 K distribution at Spot 1 of Ex-1(NB)

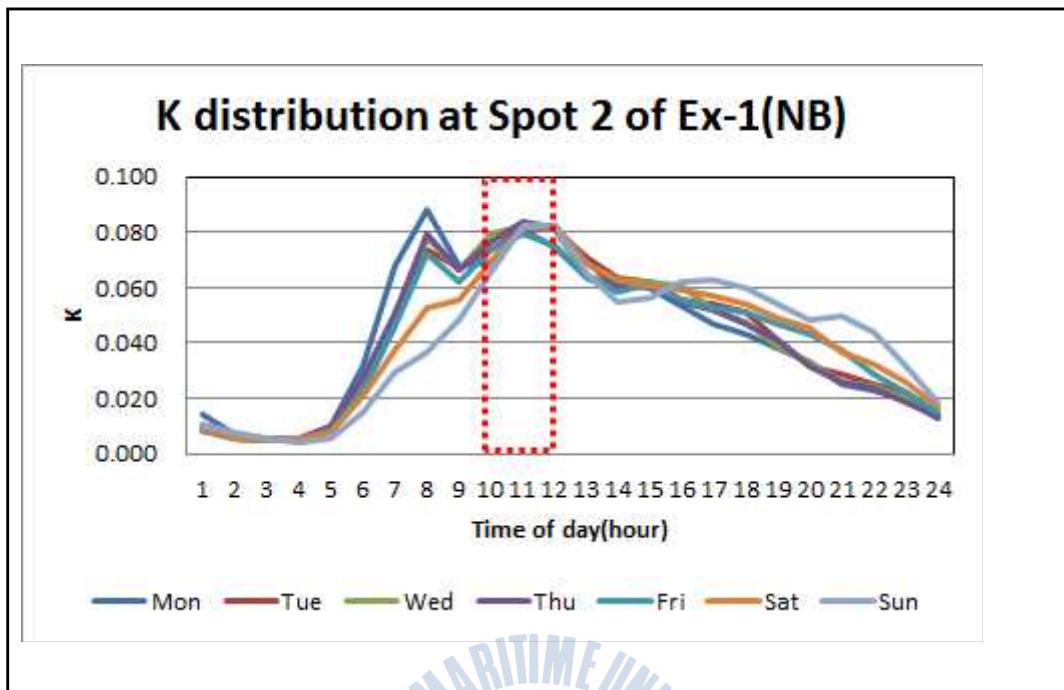


Figure 3.5 K distribution at Spot 2 of Ex-1(NB)

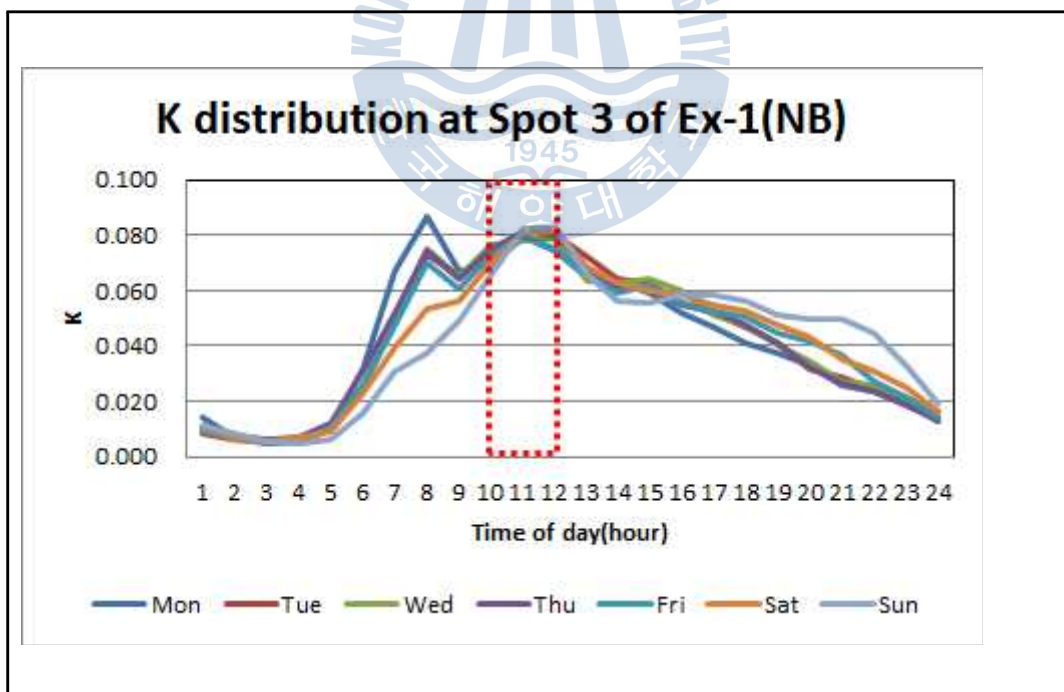


Figure 3.6 K distribution at Spot 3 of Ex-1(NB)

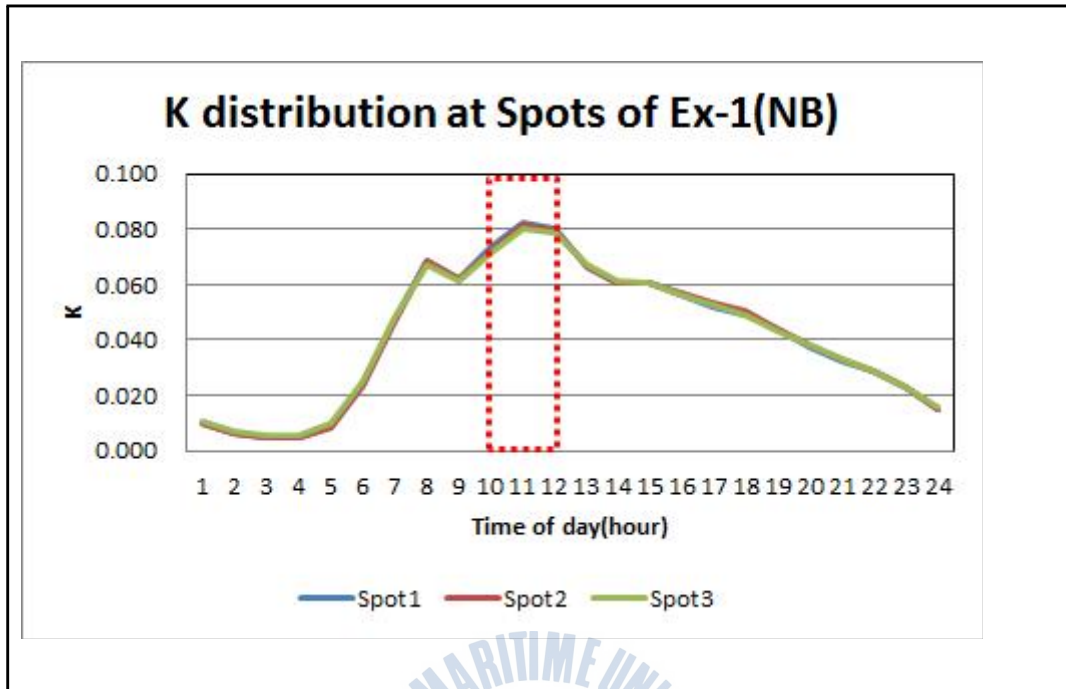


Figure 3.7 K distribution at Spots of Ex-1(NB)

3.2 남쪽방향(SB) 차로의 설계시간계수(K_f) 분석

연구대상 고속도로 Ex-1의 남쪽방향(SB)도로의 설계시간계수(K)를 비교해보면, 아래의 **Figures 3.8**에서 보는 바와 같이 방향별로 특정시간대에 서로 다른 첨두 특성을 보이는 것으로 나타났는데, 오전시간대에는 설계시간계수가 전혀 첨두 특성을 보이지 않고 점점 증가하여 퇴근시간대인 오후 6시경에 퇴근차량과 업무차량의 집중으로 설계시간계수(K)가 약 0.081~0.097사이의 첨두 상태에 도달한 후 설계시간계수(K)가 점점 감소하는 것으로 나타났다(참조 **Figures 3.9~3.12**).

각 관측지점의 요일별 설계시간계수(K)를 비교해보면, 우선적으로 관측지점 1(spot 1)에서는 최대 설계시간계수(K)가 요일별로 0.082~0.095사이로 나타났고 최소 설계시간계수(K)는 요일별로 0.004~0.006으로 나타났으며 평균 설계시간계수는 요일별로 모두 0.042로 거의 동일하게 나타났다. 다음으로 관측

지점 2(spot 2)에서는 최대 설계시간계수(K)가 요일별로 0.083~0.096사이로 나타났고 최소 설계시간계수(K)는 요일별로 0.004~0.006로 나타났으며 평균 설계시간계수는 요일별로 모두 0.042로 역시 거의 동일하게 나타났다. 마지막으로 관측지점 3(spot 3)에서는 최대 설계시간계수(K)가 요일별로 0.081~0.097사이로 나타났고 최소 설계시간계수(K)는 요일별로 0.004~0.006로 나타났으며 평균 설계시간계수는 요일별로 모두 0.042로 거의 동일하게 나타남으로써 지점별로 차이가 거의 없었으며 고속도로 Ex-1의 남쪽방향(SB)도 로에서는 오후 퇴근시간대에 퇴근차량과 업무차량의 집중으로 1개의 첨두시간대를 갖는 것으로 나타났다(참조 Table 3.3).

Table 3.3 K-Statistics at spots of Expressway Ex-1(SB)

Direction/ Spot		Statistics	K						
			Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
SB	S1	Max	0.083	0.089	0.089	0.086	0.083	0.082	<u>0.095</u>
		Min	0.004	0.005	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004
		Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
	S2	Max	0.083	0.089	0.089	0.086	0.083	0.083	<u>0.096</u>
		Min	0.004	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004
		Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
	S3	Max	0.081	0.090	0.090	0.086	0.084	0.084	<u>0.097</u>
		Min	0.004	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004
		Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042

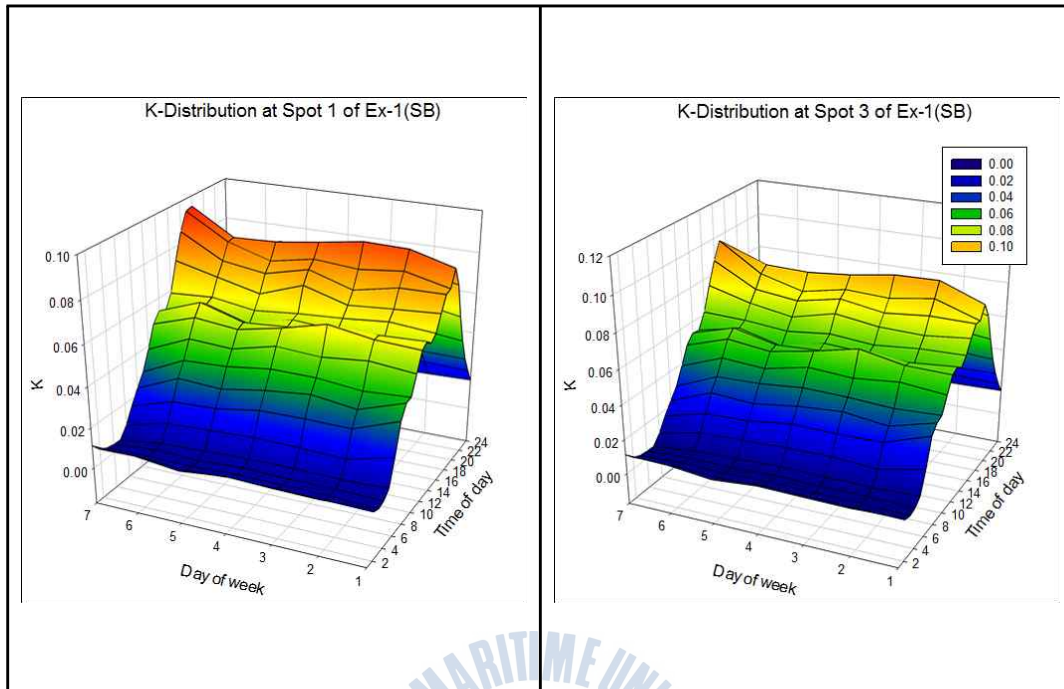
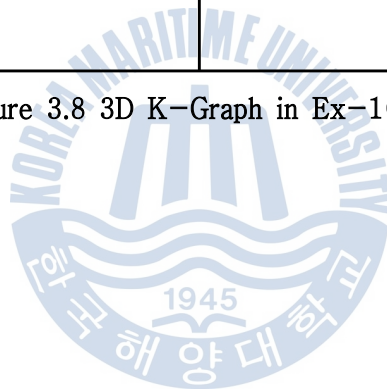


Figure 3.8 3D K-Graph in Ex-1(SB)



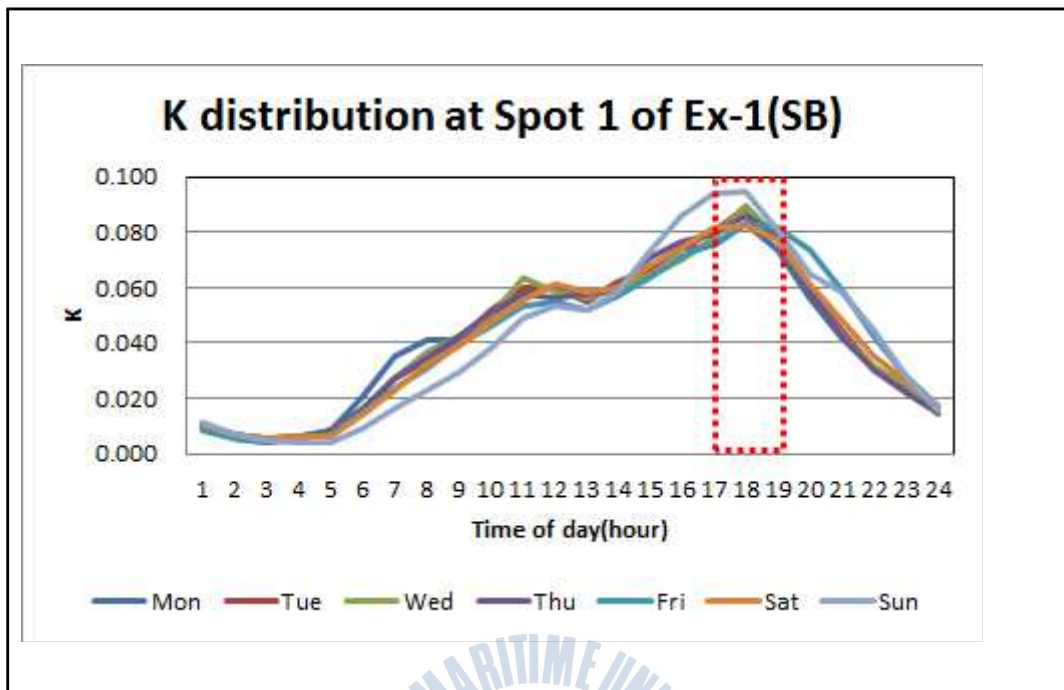


Figure 3.9 K distribution at Spot 1 of Ex-1(SB)

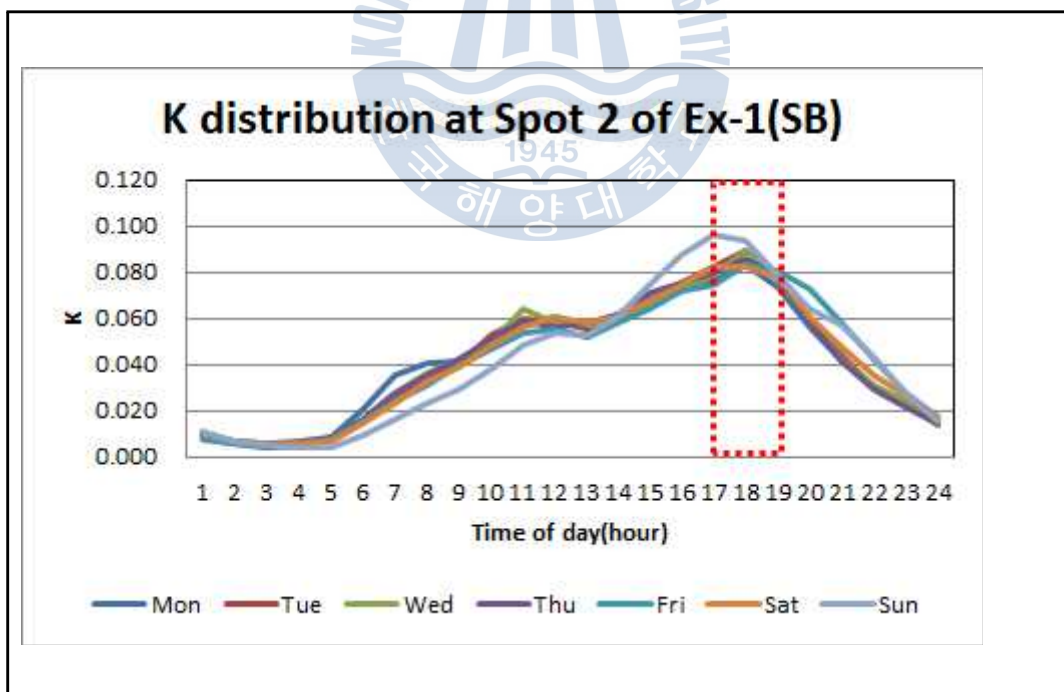


Figure 3.10 K distribution at Spot 2 of Ex-1(SB)

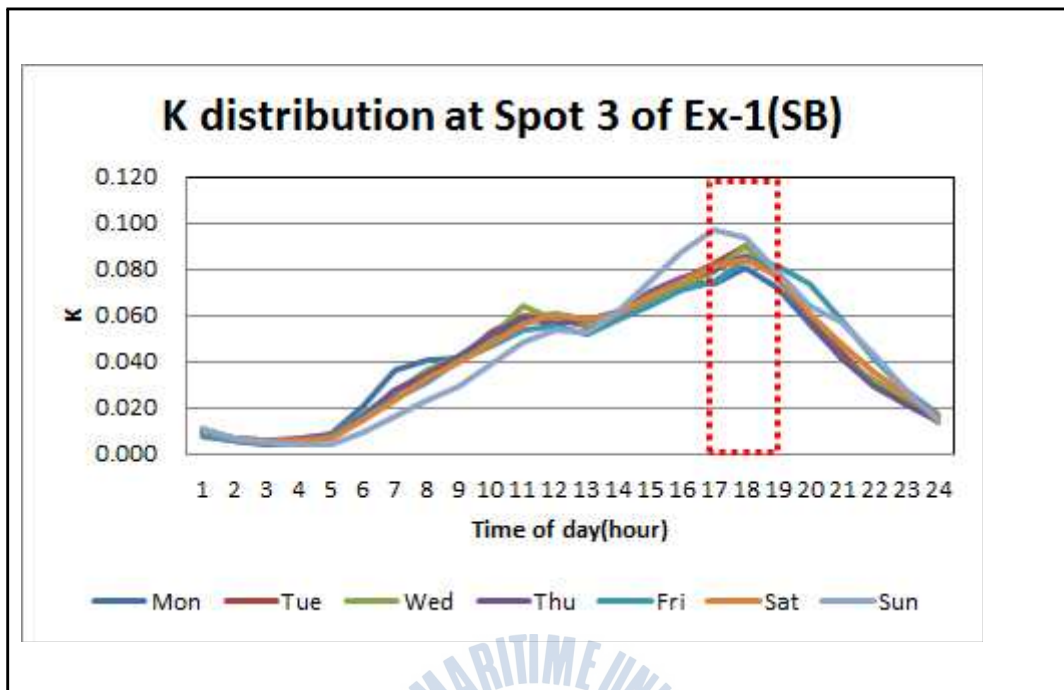


Figure 3.11 K distribution at Spot 3 of Ex-1(SB)

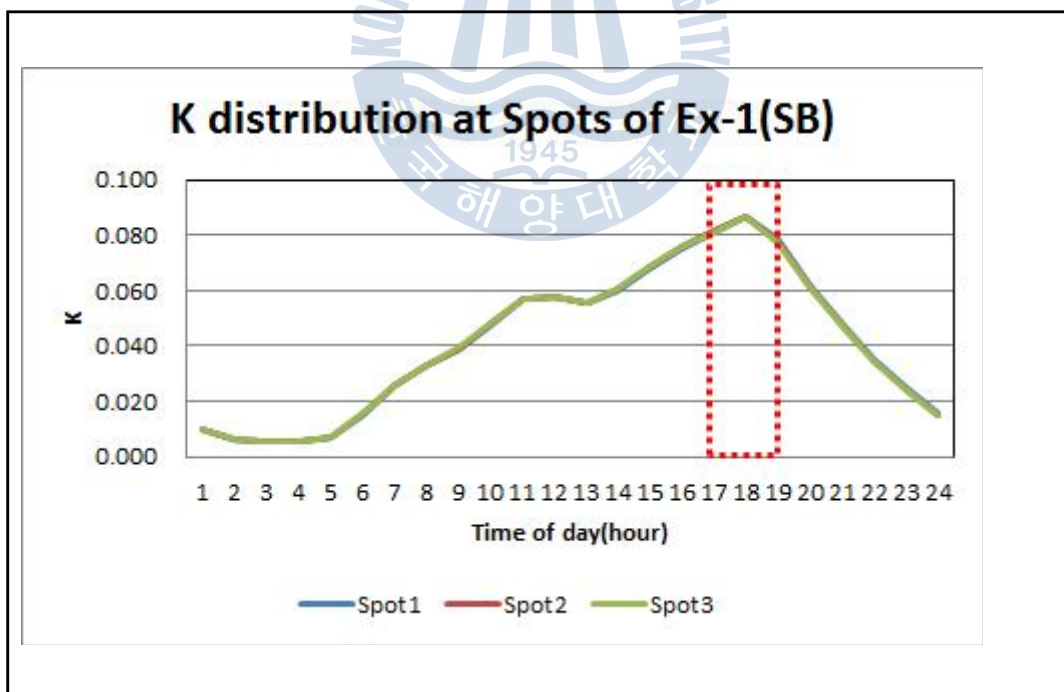


Figure 3.12 K distribution at Spots of Ex-1(SB)

결과적으로 연구대상 고속도로 Ex-1의 방향별 설계시간계수(K)는 월요일을 제외하고 남쪽방향(SB)도로가 북쪽방향(NB)도로에 비해 첨두 설계시간계수(K)가 다소 높게 나타났고, 남쪽방향(SB)도로에서는 주중보다는 주말의 첨두 설계시간계수가 상대적으로 높게 나타났으며, 북쪽방향(NB)도로에서는 오전에 2개의 첨두 설계시간계수를 나타냄으로써 방향별 첨두 설계시간계수(K)를 중심으로 교통관리개선방안을 수립하는 것이 첨두시간대 피크확산(peak spreading)에 기여할 수 있을 것으로 생각하였다.



4. 피크확산효과(Peak Spreading Effect)의 분석

피크확산(peak spreading)이란 아래 **Figure 4.1**에서 알 수 있듯이 첨두시간대 통행수요를 비첨두시간대 통행수요로 전환시킴으로써 첨두시간대의 교통정체를 감소시키는 것을 의미하고, 피크확산효과(peak spreading effect)는 첨두시간(peak hour) 설계시간계수(K_p)의 감소여부와 첨두시간대(peak period) 설계시간계수(K_{pp})의 증가여부로 나타내며, 첨두시간 설계시간계수(K_p)와 첨두시간대 설계시간계수(K_{pp})는 다음과 같다.

$$K_p = \frac{Q_p}{\sum_{i=1}^{24} Q_i} \quad (4.1)$$

$$K_{pp} = \frac{\sum_{i=-1}^1 Q_{p+i}}{\sum_{i=1}^{24} Q_i} \quad (4.2)$$



여기서,

K_p : design hour factor for peak 1 hour

K_{pp} : design hour factor for 3 hours before and after peak hour
including peak 1 hour

Q_p : traffic volume for peak 1 hour(veh)

Q_{p+i} : traffic volume of i -th hour from peak 1 hour(veh)

Q_i : traffic volume of i -th hour(veh)

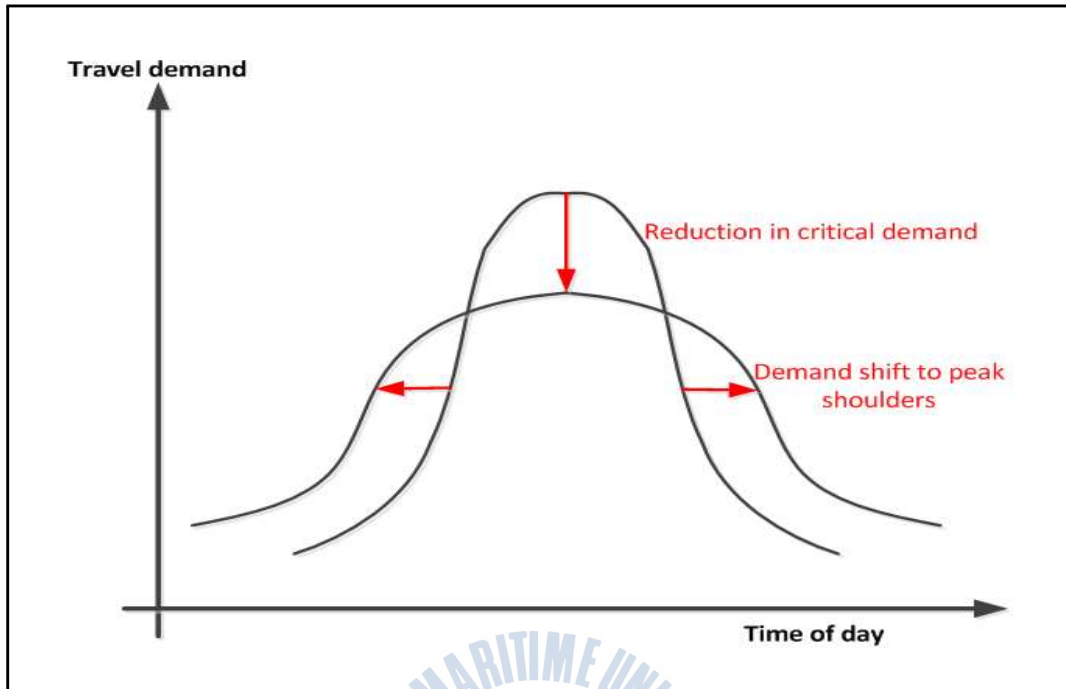


Figure 4.1 Definition of peak spreading(Holyoak and Chang, 2006)

연구대상 고속도로 Ex-1의 방향별 첨두시간 설계시간계수(K_p)와 첨두시간대 설계시간계수(K_{pp})를 검토한 결과, 아래 Table 4.1에서 알 수 있듯이 방향별로 달리 나타났다. 특히, 고속도로 Ex-1(NB)에서는 월요일 오전 8시경에 첨두시간 설계시간계수(K_p)가 약 0.087로 일주일중에서 가장 높게 나타났으나 월요일 오전 7시~9사이에 첨두시간대 설계시간계수(K_{pp})가 약 0.223으로 일주일중에서 가장 낮게 나타난 반면, 고속도로 Ex-1(SB)에서는 일요일 오후 5시경에 첨두시간 설계시간계수(K_p)가 약 0.096로 일주일중에서 가장 높게 나타났으나 일요일 오후 4시~6사이에 첨두시간대 설계시간계수(K_{pp})가 약 0.275로 오히려 일주일중에서 가장 높게 나타나면서 방향별로 서로 다른 첨두요일 때문에 고속도로 Ex-1의 피크확산효과(peak spreading effect)분석은 방향으로 분리하여 수행하였다(참조 Table 4.1와 Figures 4.2~4.5).

Table 4.1 K_p for peak hour and K_{pp} for peak period in Expressway Ex-1

Direction	K	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	Time							
NB	K_p	<u>0.087</u>	0.082	0.082	0.083	0.080	0.082	0.083
	Hour	08:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00
	K_{pp}	<u>0.223</u>	0.237	0.242	0.240	0.228	0.232	0.232
	Hour	07:00~ 9:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00
SB	K_p	0.082	0.089	0.089	0.086	0.083	0.083	<u>0.096</u>
	Hour	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	17:00
	K_{pp}	0.230	0.249	0.245	0.244	0.240	0.242	<u>0.275</u>
	Hour	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	16:00~ 18:00

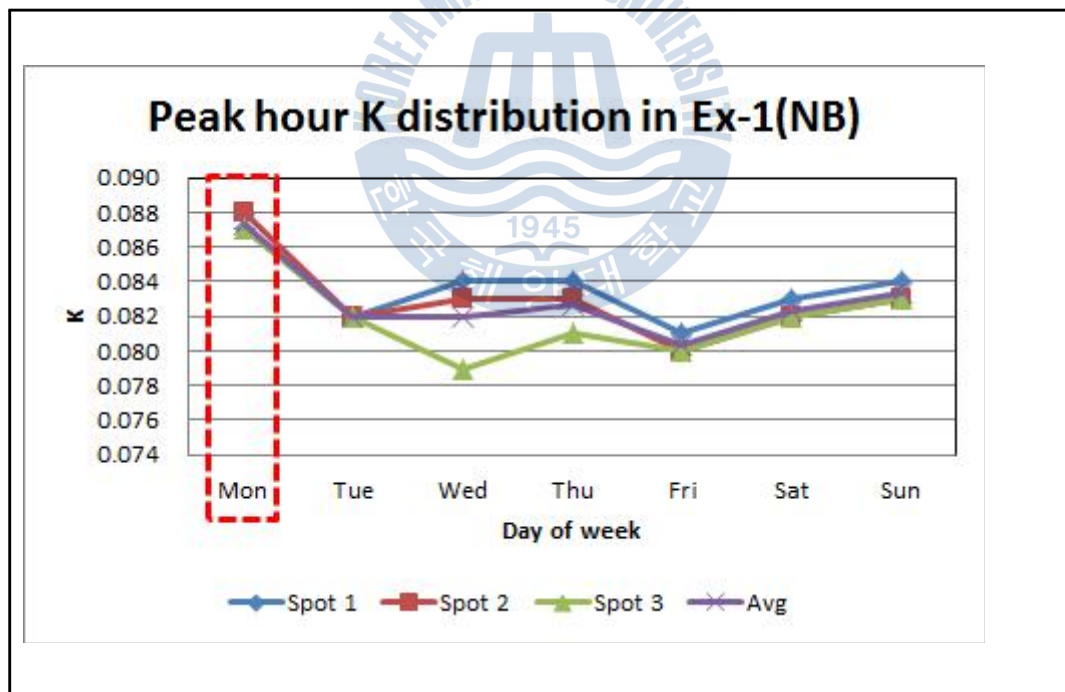


Figure 4.2 Peak hour K distribution in Ex-1(NB)

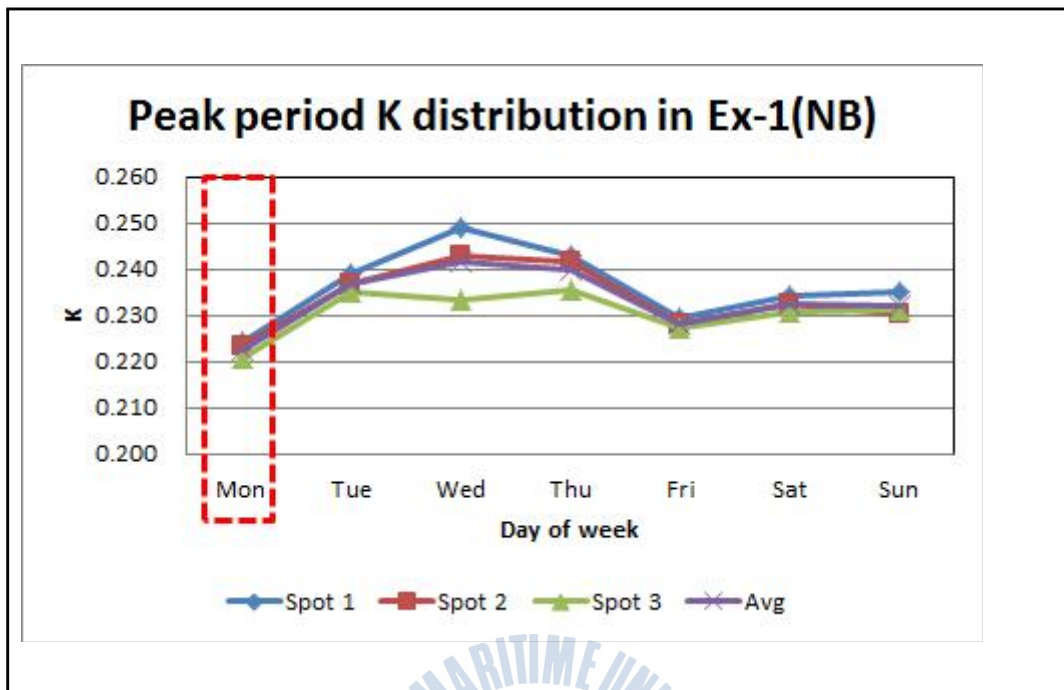


Figure 4.3 Peak period K distribution in Ex-1(NB)

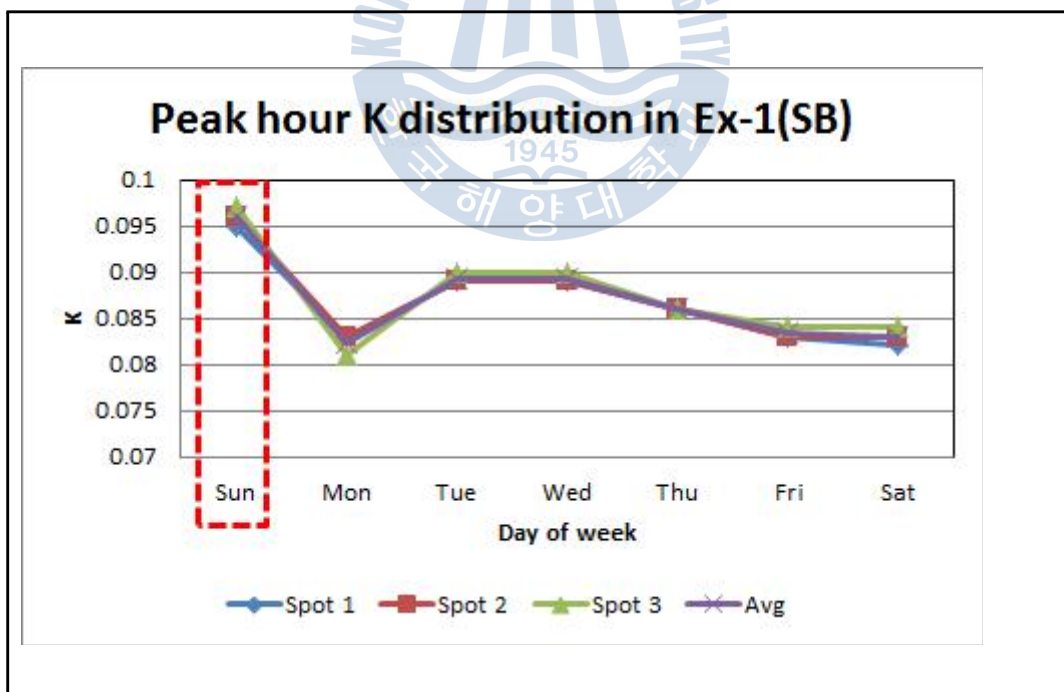


Figure 4.4 Peak hour K distribution in Ex-1(SB)

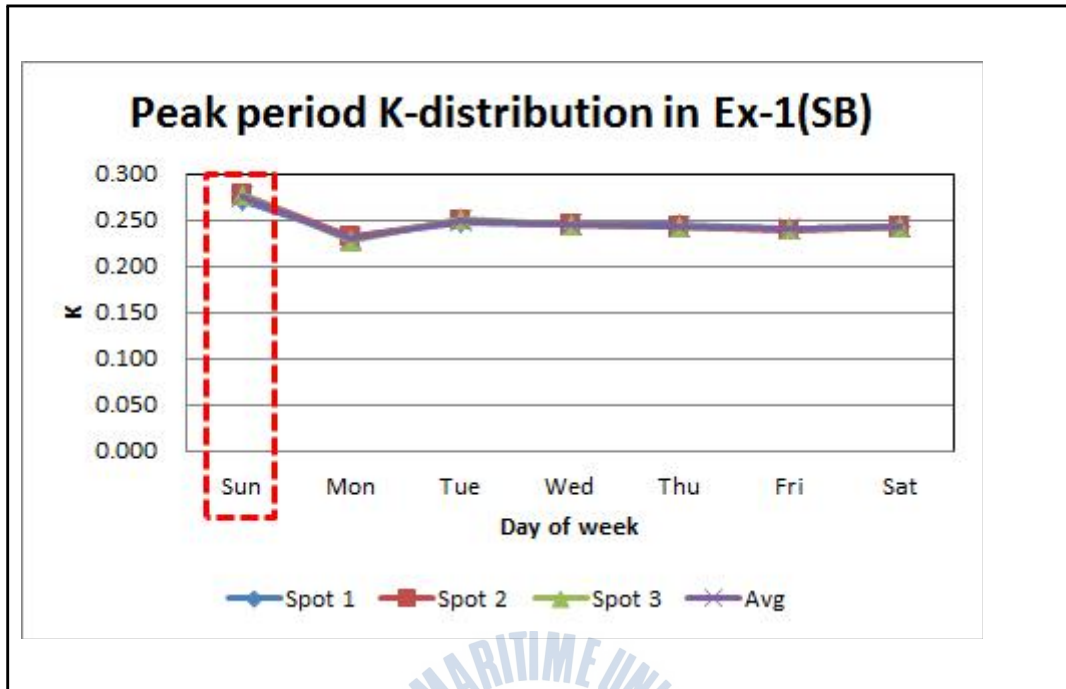


Figure 4.5 Peak period K distribution in Ex-1(SB)

4.1 북쪽방향차로의 피크확산효과(peak spreading effect) 분석

고속도로 Ex-1(NB)의 지점별 첨두시간 설계시간계수(K_p)와 첨두시간대 설계시간계수(K_{pp})를 검토한 결과, 아래 Table 4.2에서 알 수 있듯이 지점별로 큰 차이는 없었다. 우선적으로 지점 1에서는 월요일 오전 8시경에 K_p 가 약 0.087로 일주일중에서 가장 높게 나타났고 월요일 오전 7시~9사이에 K_{pp} 가 약 0.224로 가장 낮게 나타난 반면, 나머지 요일에서는 오전 11시경에 K_p 가 약 0.081~0.084로 낮게 나타났고 K_{pp} 가 약 0.229~0.249로 높게 나타났기 때문에 화요일, 금요일 및 토요일에 K_p 에서 약 0.001~0.003정도의 피크확산여유가 발생하고 있었고, 월요일, 금요일 토요일 및 일요일에 K_{pp} 에서 약 0.001~0.012정도의 피크확산여유가 발생하고 있었으므로 이를 고려하여 북쪽방향(NB)으로 출발요일 및 시간을 변경하여 출발할 경우 피크확산효과를 기대

할 수 있었다. 다음으로 지점 2에서는 월요일 오전 8시경에 K_p 가 약 0.088로 일주일중에서 가장 높게 나타났고 월요일 오전 7시~9사이에 K_{pp} 가 약 0.223으로 가장 낮게 나타난 반면, 나머지 요일에서는 오전 11시와 12시경에 K_p 가 약 0.080~0.083으로 낮게 나타났고 K_{pp} 가 약 0.228~0.243으로 높게 나타났기 때문에 화요일, 금요일 및 토요일에 K_p 에서 약 0.001~0.003정도의 피크확산여유가 발생하고 있었고, 월요일, 금요일 토요일 및 일요일에 K_{pp} 에서 약 0.002~0.011정도의 피크확산여유가 발생하고 있었으므로 역시 이를 고려하여 북쪽방향(NB)으로 출발요일 및 시간을 변경하여 출발할 경우 피크확산효과를 기대할 수 있었다. 마지막으로 지점 3에서는 월요일 오전 8시경에 K_p 가 약 0.087로 일주일중에서 가장 높게 나타났고 월요일 오전 7시~9사이에 K_{pp} 가 약 0.221로 수요일의 0.220을 제외하고 가장 낮게 나타난 반면, 나머지 요일에서는 오전 11시와 12시경에 K_p 가 약 0.080~0.083으로 낮게 나타났고 K_{pp} 가 약 0.227~0.235로 높게 나타났기 때문에 수요일, 목요일 및 금요일에 K_p 에서 약 0.001~0.003정도의 피크확산여유가 발생하고 있고, 월요일과 금요일에 K_{pp} 에서 약 0.004~0.010정도의 피크확산여유가 발생하고 있으므로 역시 이를 고려하여 북쪽방향(NB)으로 출발요일 및 시간을 변경하여 출발할 경우 피크확산효과를 기대할 수 있었다(참조 Tables 4.2~4.4와 Figures 4.6~4.13). 따라서 고속도로의 북쪽방향(NB)도로에서는 K_p 에서 금요일을 선택하고, K_{pp} 에서 월요일과 금요일을 선택하여야 피크확산효과를 기대할 수 있다고 생각하였다.

Table 4.2 K_p for peak hour and K_{pp} for peak period in Expressway Ex-1(NB)

Spot	K	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	Time							
1	K_p	<u>0.087</u>	0.082	0.084	0.084	0.081	0.083	0.084
	Hour	08:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00
	K_{pp}	0.224	0.239	0.249	0.243	0.229	0.234	0.235
	Hour	07:00~ 9:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00
2	K_p	<u>0.088</u>	0.082	0.083	0.083	0.080	0.082	0.083
	Hour	08:00	11:00	11:00	11:00	11:00	12:00	12:00
	K_{pp}	0.223	0.237	0.243	0.242	0.228	0.232	0.230
	Hour	07:00~ 9:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	11:00~ 13:00	11:00~ 13:00
3	K_p	<u>0.087</u>	0.082	0.079	0.081	0.080	0.082	0.083
	Hour	08:00	11:00	12:00	11:00	11:00	12:00	12:00
	K_{pp}	0.221	0.235	0.220	0.235	0.227	0.231	0.231
	Hour	07:00~ 9:00	10:00~ 12:00	11:00~ 13:00	10:00~ 12:00	10:00~ 12:00	11:00~ 13:00	11:00~ 13:00

Table 4.3 Peak spreading effect for peak hour in Expressway Ex-1(NB)

Spot	K	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Avg
	Shift								
1	K_p	<u>0.087</u>	0.082	0.084	0.084	0.081	0.083	0.084	0.084
	Shift	-0.003	+0.002	0.000	0.000	+0.003	+0.001	0.000	-
2	K_p	<u>0.088</u>	0.082	0.083	0.083	0.080	0.082	0.083	0.083
	Shift	-0.005	+0.001	0.000	0.000	+0.003	+0.001	0.000	-
3	K_p	<u>0.087</u>	0.082	0.079	0.081	0.080	0.082	0.083	0.082
	Shift	-0.005	0.000	+0.003	+0.001	+0.002	0.000	-0.001	-
Avg	K_p	0.087	0.082	0.082	0.083	0.082	0.083	0.083	0.083
	Shift	-0.004	+0.001	+0.001	0.000	+0.001	0.000	0.000	-

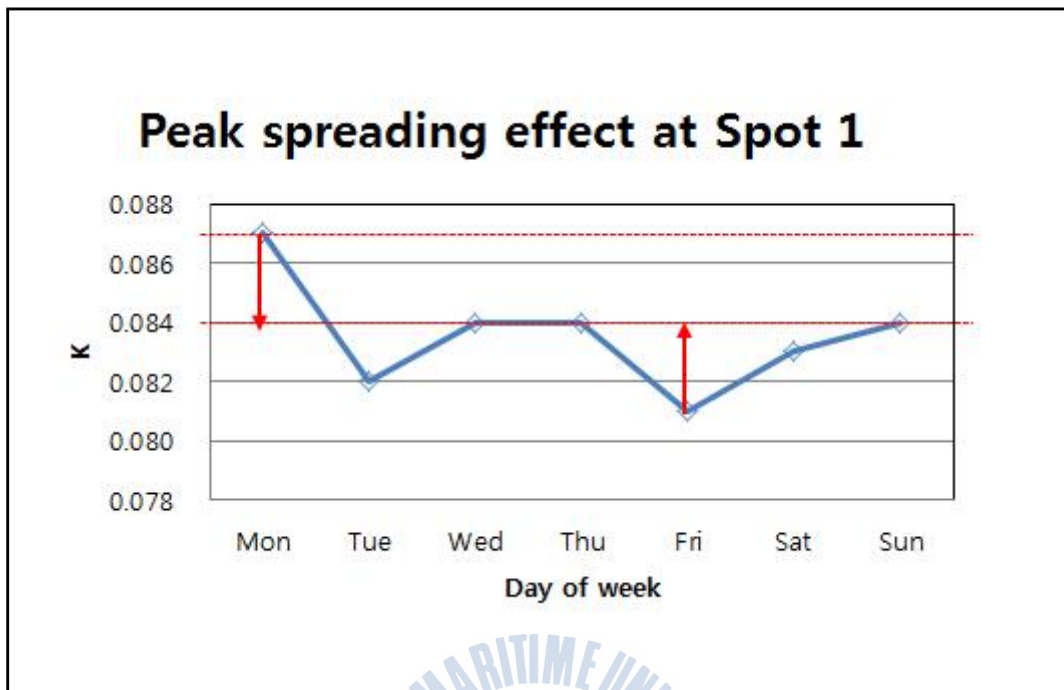


Figure 4.6 Peak spreading effect for peak hour at Spot 1 of Ex-1(NB)

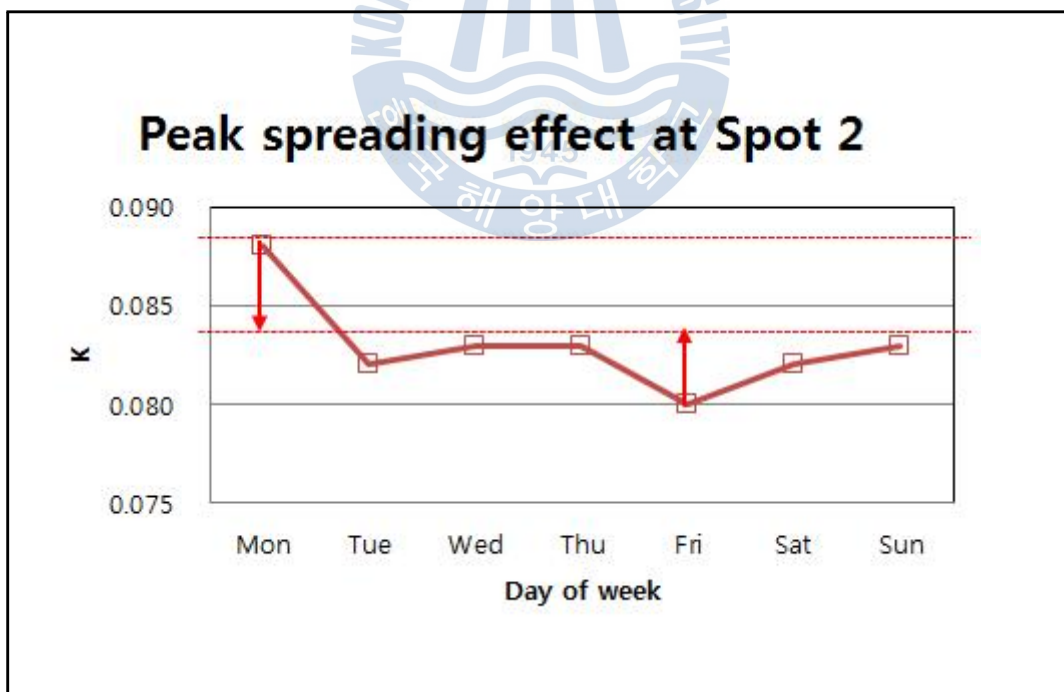


Figure 4.7 Peak spreading effect for peak hour at Spot 2 of Ex-1(NB)

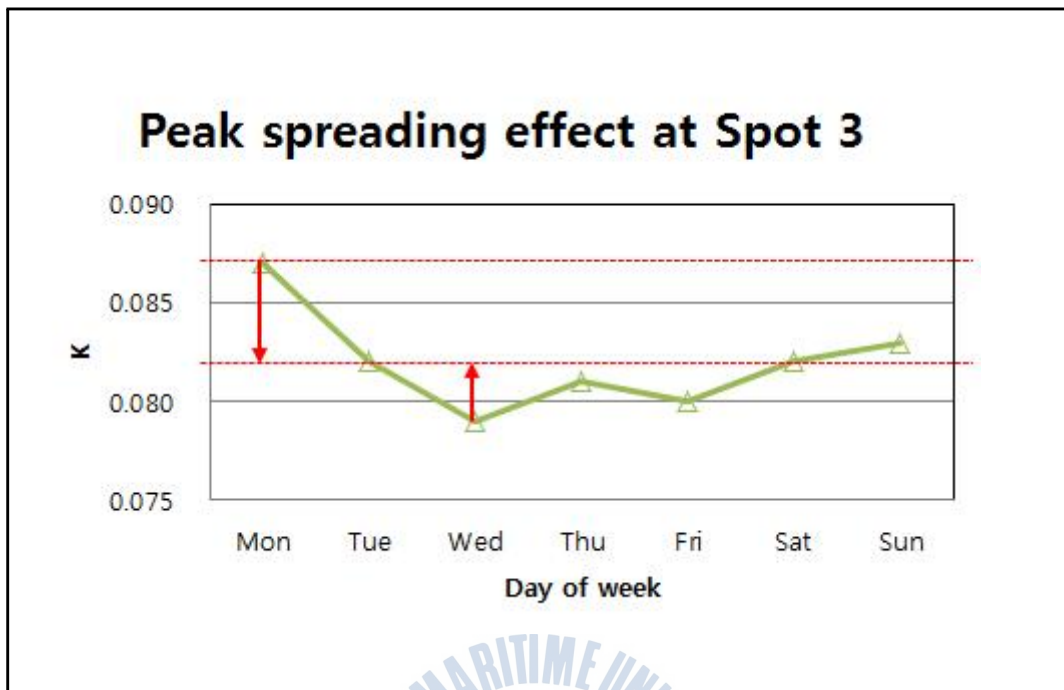


Figure 4.8 Peak spreading effect for peak hour at Spot 3 of Ex-1(NB)

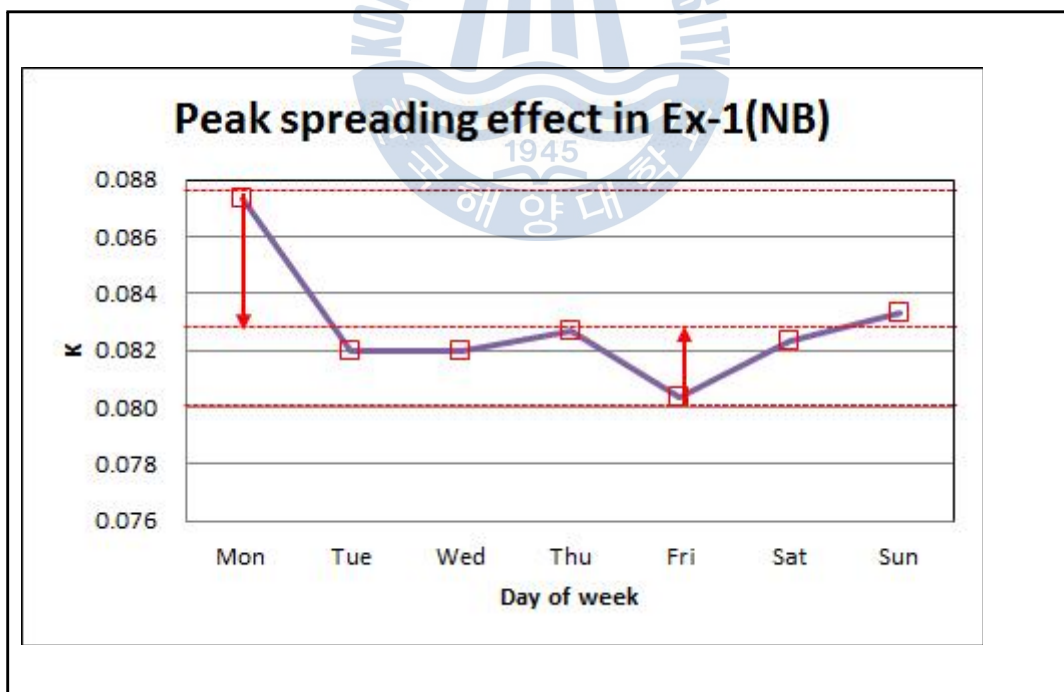


Figure 4.9 Peak spreading effect for peak hour in Ex-1(NB)

Table 4.4 Peak spreading effect for peak period in Expressway Ex-1(NB)

Spot	K	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Avg
	Shift								
1	K_{pp}	0.224	0.239	0.249	0.243	0.229	0.234	0.235	0.236
	Shift	+0.012	-0.003	-0.013	-0.007	+0.007	+0.002	+0.001	-
2	K_{pp}	0.223	0.237	0.243	0.242	0.228	0.232	0.230	0.234
	Shift	+0.011	-0.003	-0.009	-0.008	+0.006	+0.002	+0.004	-
3	K_{pp}	0.221	0.235	0.233	0.235	0.227	0.231	0.231	0.231
	Shift	+0.010	-0.004	-0.002	-0.004	+0.004	0.000	0.000	-
Avg	K_{pp}	0.223	0.237	0.242	0.240	0.228	0.232	0.232	0.233
	Shift	+0.01	-0.004	-0.009	-0.007	+0.005	+0.001	+0.001	-

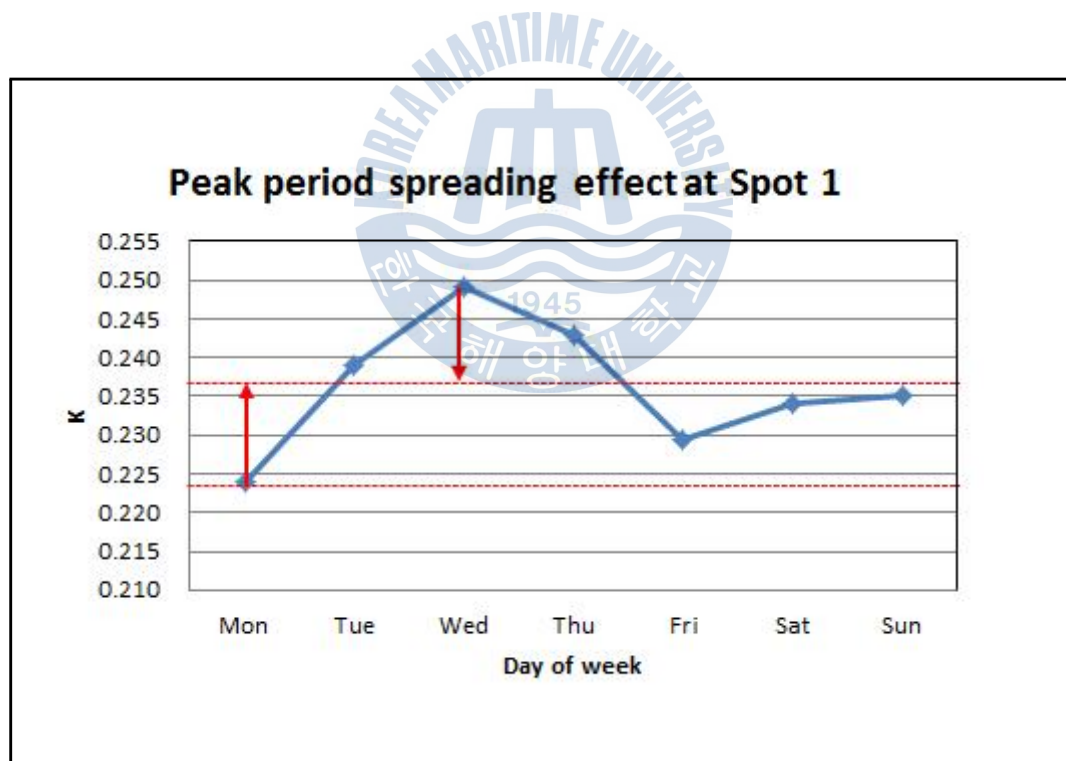


Figure 4.10 Peak spreading effect for peak period at Spot 1 of Ex-1(NB)

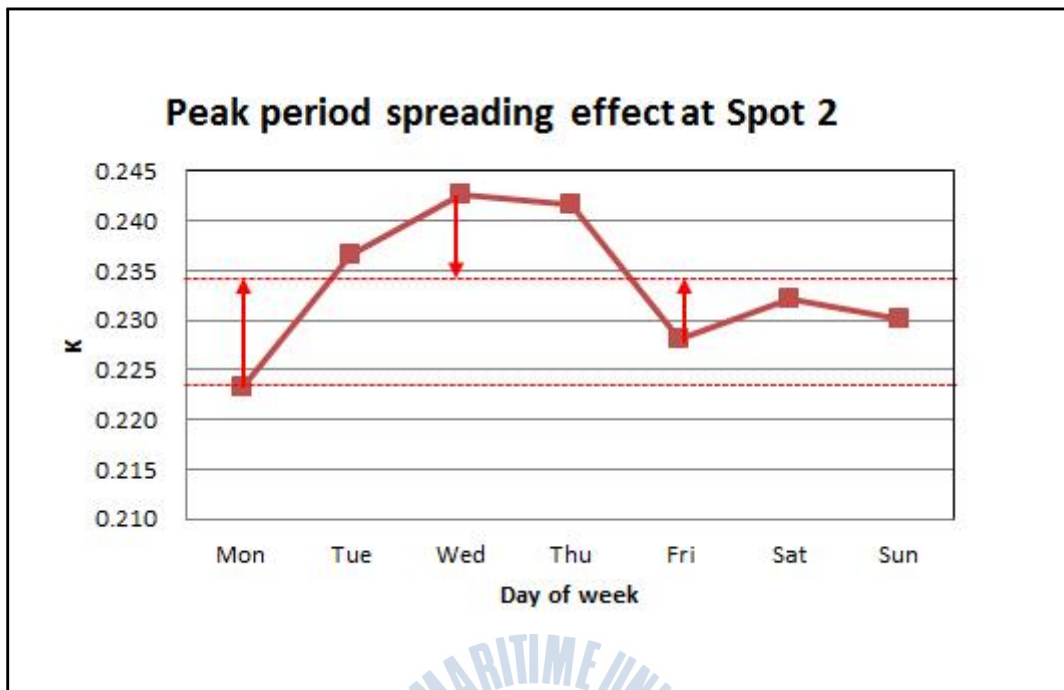


Figure 4.11 Peak spreading effect for peak period at Spot 2 of Ex-1(NB)

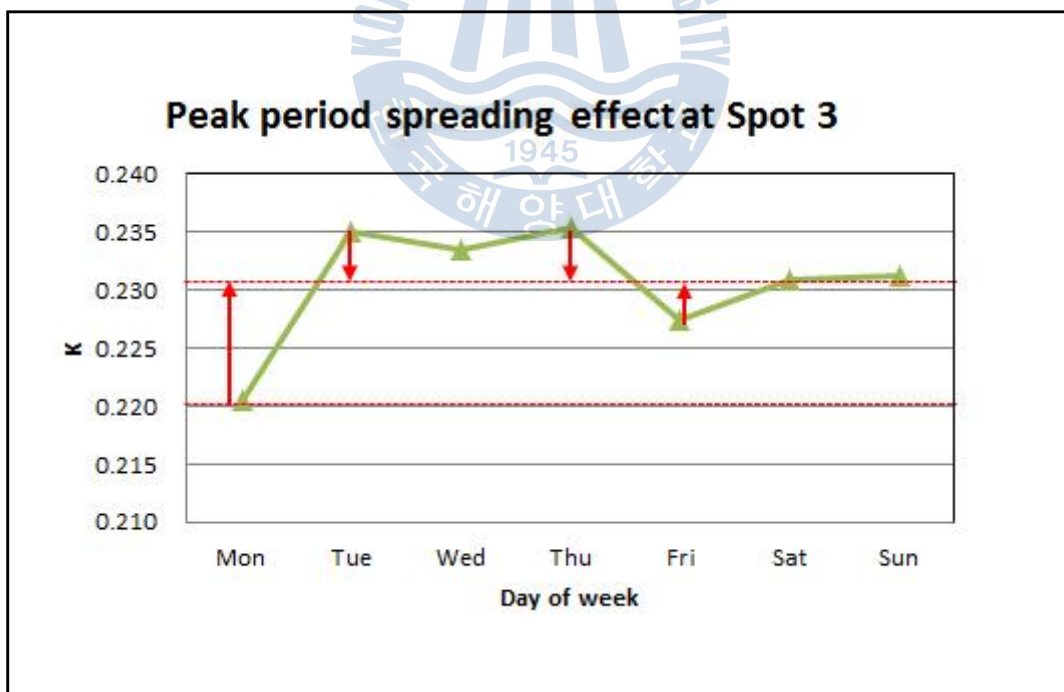


Figure 4.12 Peak spreading effect for peak period at Spot 3 of Ex-1(NB)

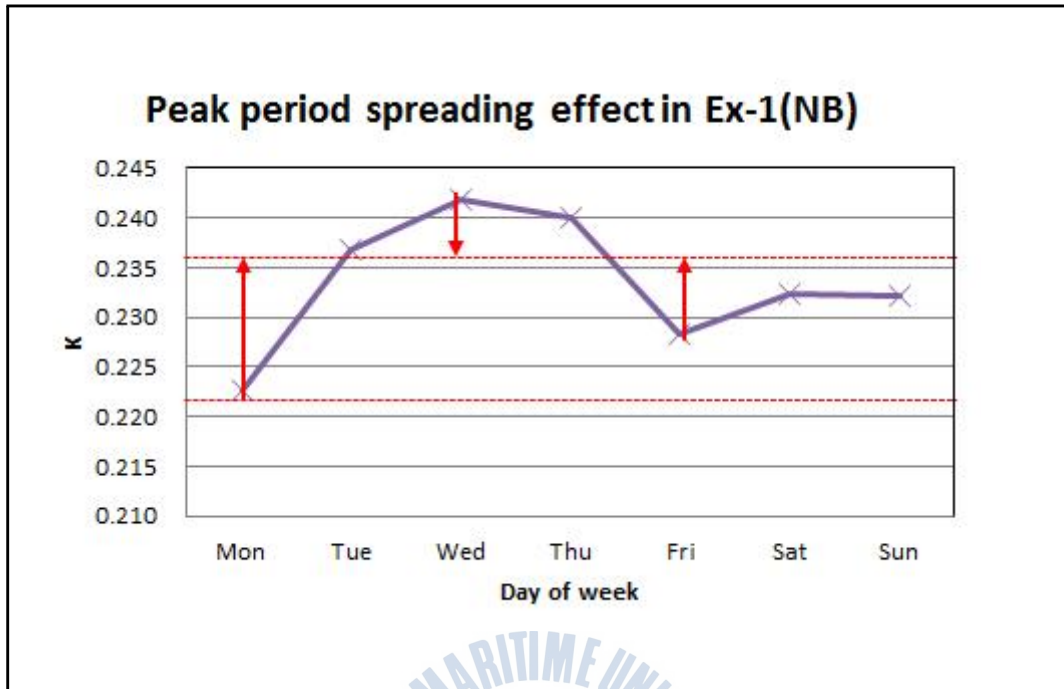


Figure 4.13 Peak spreading effect for peak period in Ex-1(NB)

4.2 남쪽방향차로의 피크확산효과(peak spreading effect) 분석

고속도로 Ex-1(SB)의 지점별 첨두시간 설계시간계수(K_p)와 첨두시간대 설계시간계수(K_{pp})를 검토한 결과, 아래 Table 4.5에서 알 수 있듯이 지점별로 큰 차이는 없었다. 우선적으로 지점 1에서는 일요일 오후 6시경에 K_p 가 약 0.095로 일주일중에서 가장 높게 나타났고 일요일 오전 17시~19사이에 K_{pp} 가 약 0.270으로 가장 높게 나타났으며 나머지 요일에서도 오후 6시경에 K_p 가 약 0.082~0.089로 낮게 나타났고 K_{pp} 가 약 0.232~0.247로 낮게 나타났기 때문에 월요일, 목요일, 금요일 및 토요일에 K_p 에서 약 0.001~0.004정도의 피크확산여유가 발생하고 있었고, 월요일, 수요일, 목요일, 금요일 및 토요일에 K_{pp} 에서 약 0.001~0.014정도의 피크확산여유가 발생하고 있었으므로 이를 고려하여 남쪽방향(SB)으로 출발요일 및 시간을 변경하여 출발할 경우 피크확산효과를

기대할 수 있었다. 다음으로 지점 2에서는 일요일 오후 5시경에 K_p 가 약 0.096으로 일주일중에서 가장 높게 나타났고 일요일 오전 16시~18사이에 K_{pp} 가 약 0.277로 가장 높게 나타났으며 나머지 요일에서는 오후 6시경에 K_p 가 약 0.083~0.089로 낮게 나타났고 K_{pp} 가 약 0.232~0.250으로 낮게 나타났기 때문에 월요일, 목요일, 금요일 및 토요일에 K_p 에서 약 0.001~0.004정도의 피크확산여유가 발생하고 있었고, 월요일, 수요일, 목요일, 금요일 및 토요일에 K_{pp} 에서 약 0.002~0.015정도의 피크확산여유가 발생하고 있었으므로 이를 고려하여 남쪽방향(SB)으로 출발요일 및 시간을 변경하여 출발할 경우 역시 피크확산효과를 기대할 수 있었다. 마지막으로 지점 3에서는 일요일 오후 5시경에 K_p 가 약 0.097로 일주일중에서 가장 높게 나타났고 일요일 오후 16시~18사이에 K_{pp} 가 약 0.278로 가장 높게 나타난 반면, 나머지 요일에서는 오후 6시경에 K_p 가 약 0.081~0.090으로 낮게 나타났고 K_{pp} 가 약 0.230~0.249로 낮게 나타났기 때문에 월요일, 목요일, 금요일 및 토요일에 K_p 에서 약 0.001~0.006정도의 피크확산여유가 발생하고 있고, 월요일, 수요일, 목요일, 금요일 및 토요일에 K_{pp} 에서 약 0.001~0.016정도의 피크확산여유가 발생하고 있으므로 이를 고려하여 남쪽방향(SB)으로 역시 출발요일 및 시간을 변경하여 출발할 경우 피크확산효과를 기대할 수 있었다(참조 Tables 4.5~4.7과 Figures 4.14~4.21). 따라서 고속도로의 남쪽방향(SB)도로에서는 K_p 에서 월요일, 목요일, 금요일 및 토요일을 선택하고, K_{pp} 에서 월요일, 수요일, 목요일, 금요일 및 토요일을 선택하여야 피크확산효과를 기대할 수 있다고 생각하였다.

Table 4.5 K_p for peak hour and K_{pp} for peak period in Expressway Ex-1(SB)

Spot	K	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
	Time							
1	K_p	<u>0.095</u>	0.083	0.089	0.089	0.086	0.083	0.082
	Hour	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00
	K_{pp}	<u>0.270</u>	0.232	0.247	0.245	0.244	0.241	0.242
	Hour	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00
2	K_p	<u>0.096</u>	0.083	0.089	0.089	0.086	0.083	0.083
	Hour	17:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00
	K_{pp}	<u>0.277</u>	0.232	0.250	0.245	0.243	0.238	0.242
	Hour	16:00~ 18:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00
3	K_p	<u>0.097</u>	0.081	0.090	0.090	0.086	0.084	0.084
	Hour	17:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00
	K_{pp}	<u>0.278</u>	0.227	0.251	0.244	0.244	0.240	0.243
	Hour	16:00~ 18:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00	17:00~ 19:00

Table 4.6 Peak spreading effect for peak hour in Expressway Ex-1(SB)

Spot	K	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Avg
	Shift								
1	K_p	<u>0.095</u>	0.083	0.089	0.089	0.086	0.083	0.084	0.087
	Shift	-0.008	+0.004	-0.002	-0.002	+0.001	+0.004	+0.003	-
2	K_p	<u>0.096</u>	0.083	0.089	0.089	0.086	0.083	0.083	0.087
	Shift	-0.009	+0.004	-0.002	-0.002	+0.001	+0.004	+0.004	-
3	K_p	<u>0.097</u>	0.081	0.090	0.090	0.086	0.084	0.083	0.087
	Shift	-0.010	+0.006	-0.003	-0.003	+0.001	+0.003	+0.004	-
Avg	K_p	0.096	0.082	0.089	0.089	0.086	0.083	0.083	0.087
	Shift	-0.009	+0.005	-0.002	-0.002	+0.001	+0.004	+0.004	-

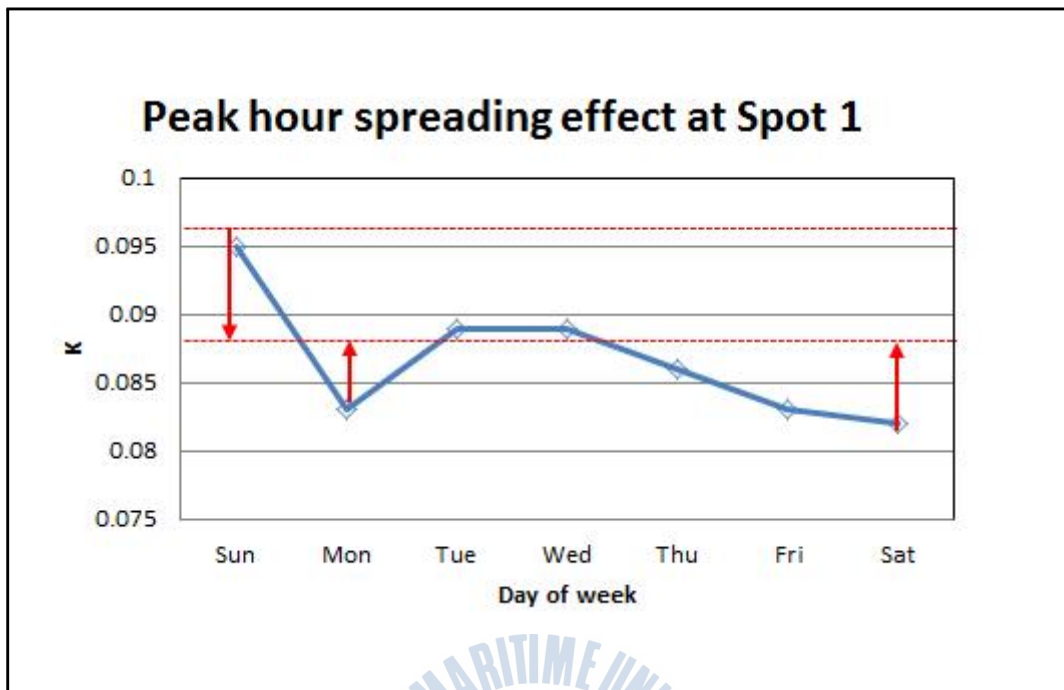


Figure 4.14 Peak spreading effect for peak hour at Spot 1 of Ex-1(SB)

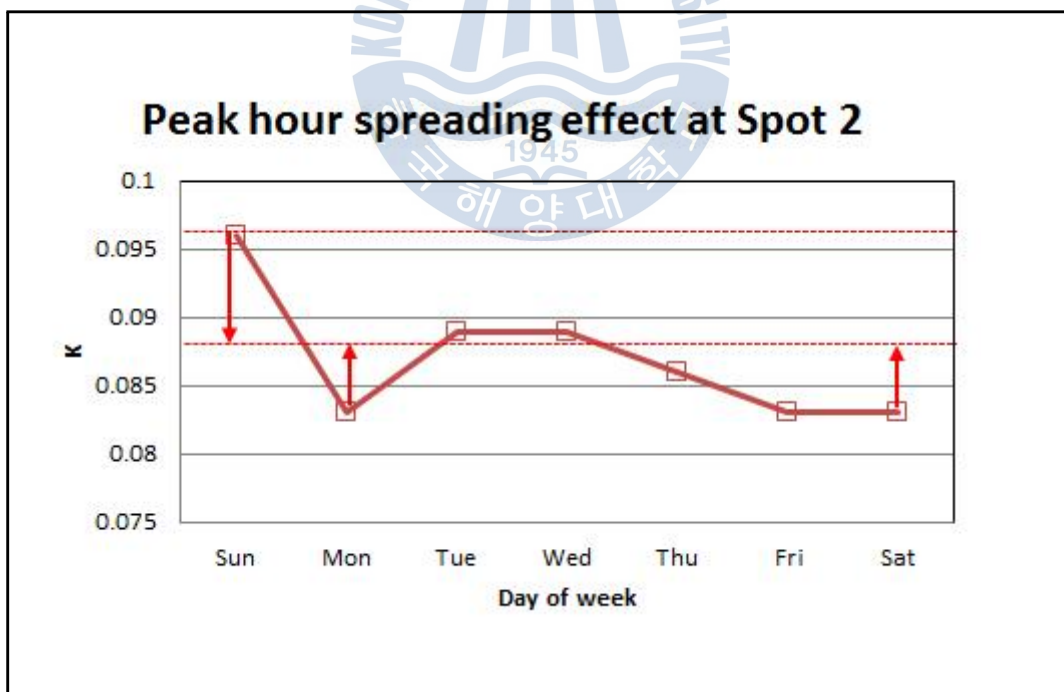


Figure 4.15 Peak spreading effect for peak hour at Spot 2 of Ex-1(SB)

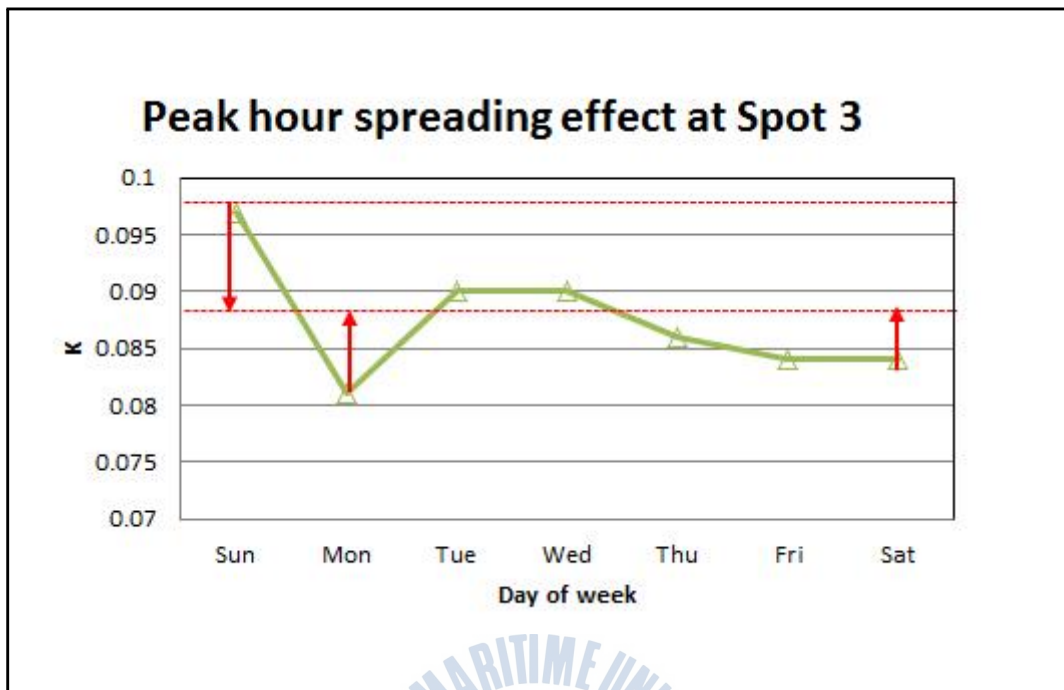


Figure 4.16 Peak spreading effect for peak hour at Spot 3 of Ex-1(SB)

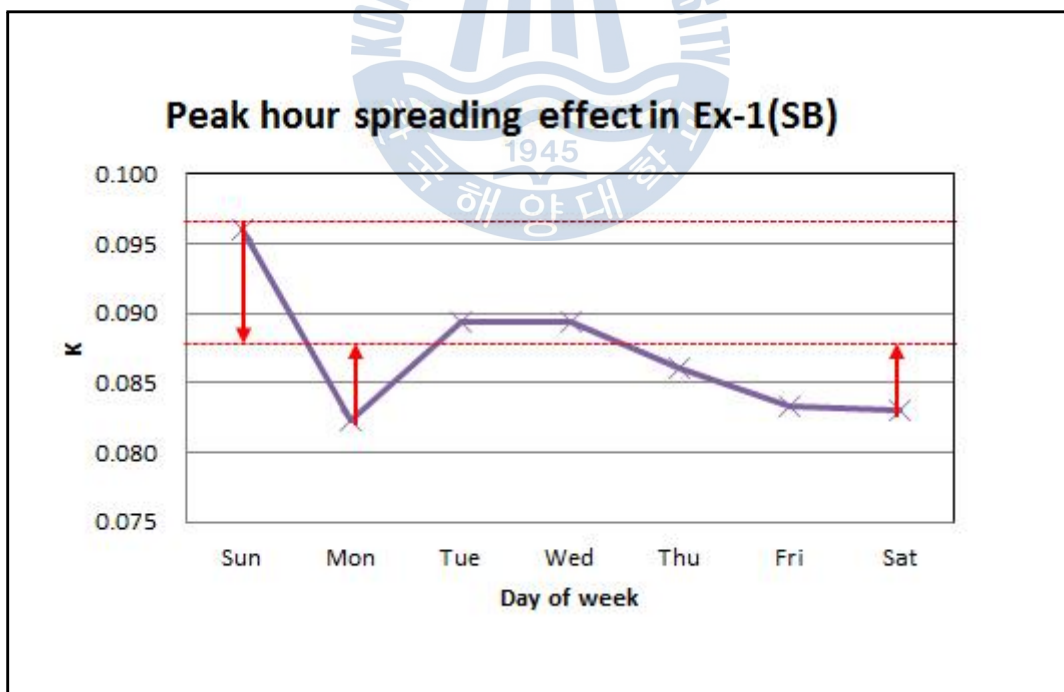


Figure 4.17 Peak spreading effect for peak hour in Ex-1(SB)

Table 4.7 Peak spreading effect for peak period in Expressway Ex-1(SB)

Spot	K	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Avg
	Shift								
1	K_{pp}	<u>0.270</u>	0.232	0.247	0.245	0.244	0.241	0.242	0.246
	Shift	-0.023	+0.014	-0.001	+0.001	+0.002	+0.005	+0.004	-
2	K_{pp}	<u>0.277</u>	0.232	0.250	0.245	0.243	0.238	0.242	0.247
	Shift	-0.030	+0.015	-0.003	+0.002	+0.004	+0.011	+0.005	-
3	K_{pp}	<u>0.278</u>	0.227	0.251	0.244	0.244	0.240	0.243	0.246
	Shift	-0.032	+0.019	-0.005	+0.002	+0.002	+0.006	+0.003	-
Avg	K_{pp}	0.275	0.230	0.249	0.245	0.244	0.240	0.242	0.246
	Shift	-0.029	+0.016	-0.003	+0.001	+0.002	+0.006	+0.004	-

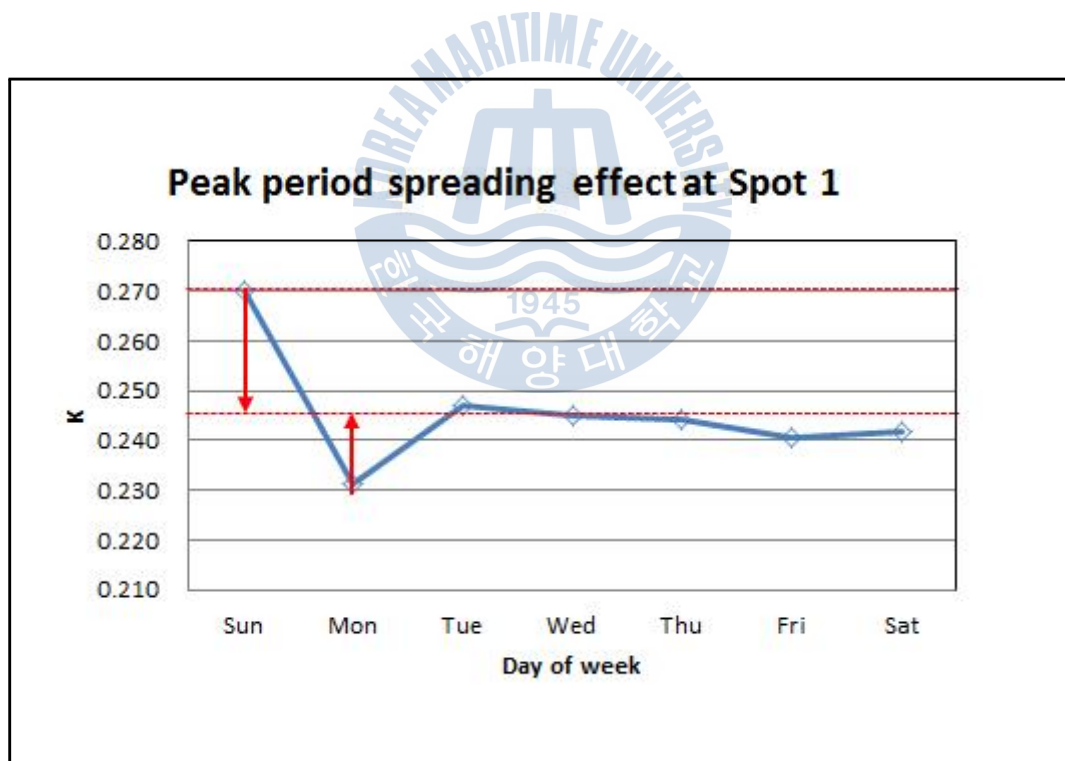


Figure 4.18 Peak spreading effect for peak period at Spot 1 of Ex-1(SB)

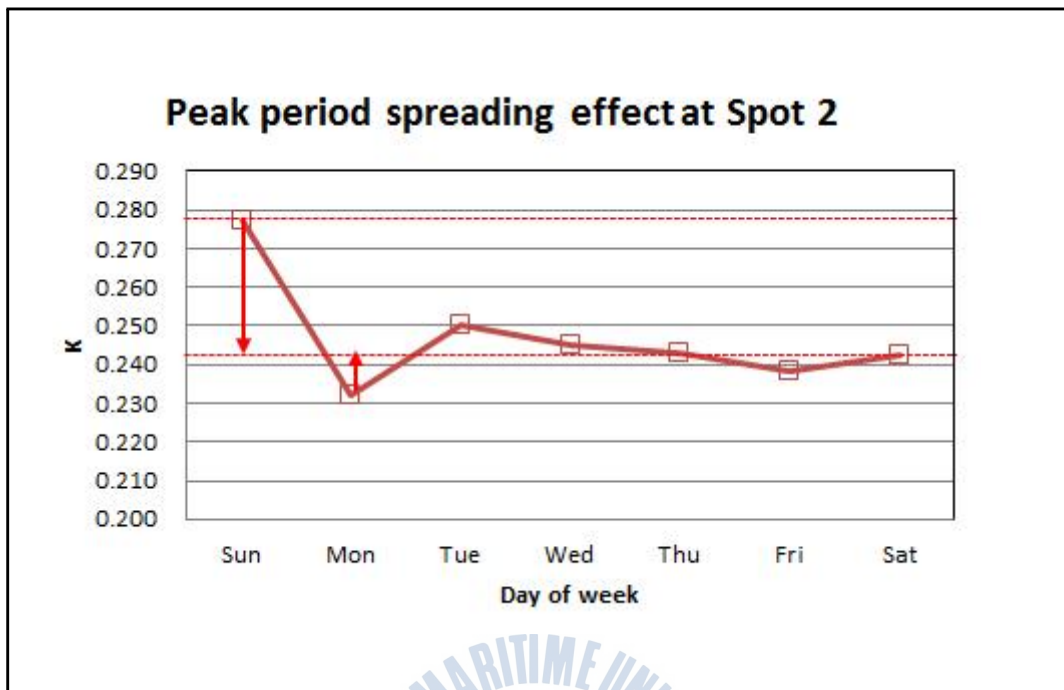


Figure 4.19 Peak spreading effect for peak period at Spot 2 of Ex-1(SB)

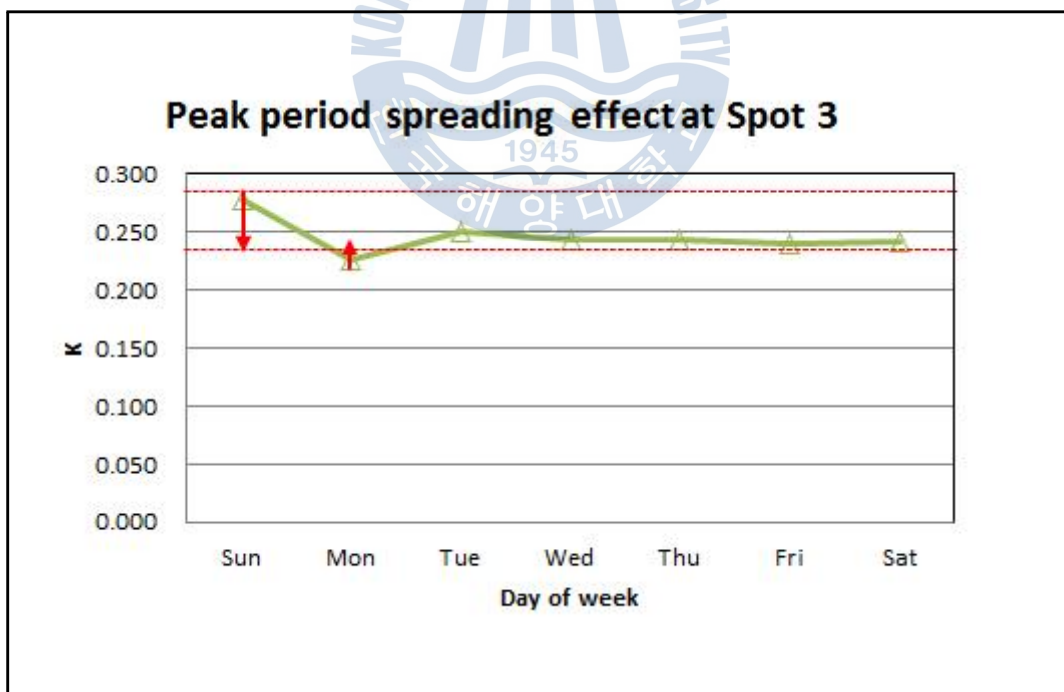


Figure 4.20 Peak spreading effect for peak period at Spot 3 of Ex-1(SB)

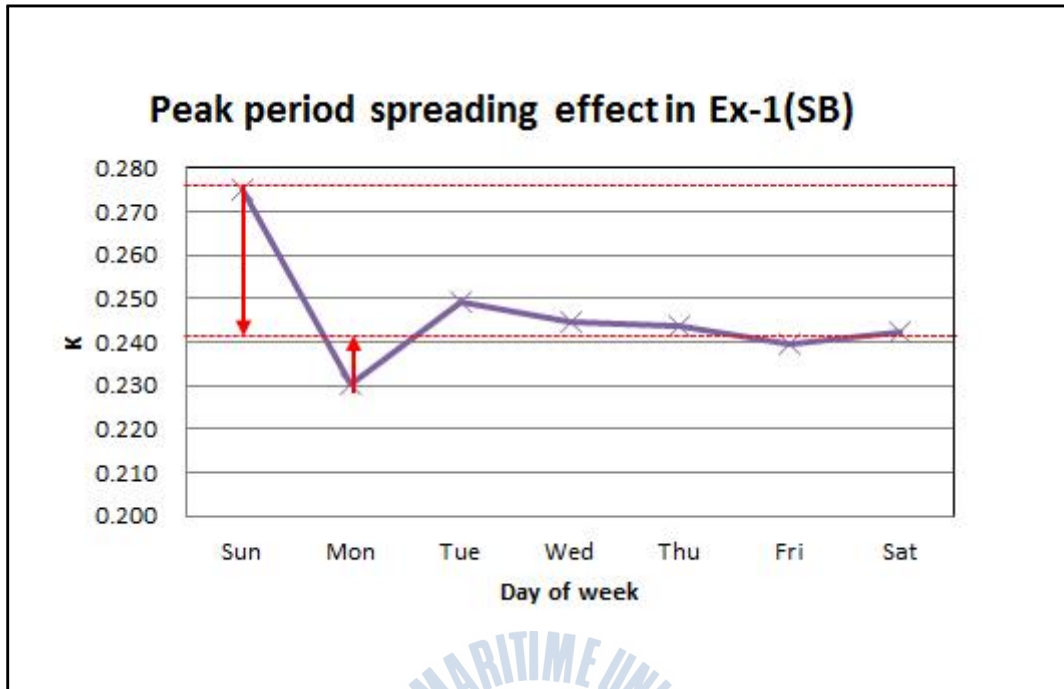


Figure 4.21 Peak spreading effect for peak period in Ex-1(SB)

4.3 피크확산효과(peak spreading effect) 분석결과의 상호 비교

연구대상 고속도로 Ex-1에 대해 첨두시간 설계시간계수(K_p)와 첨두시간대 설계시간계수(K_{pp})의 변화량을 토대로 방향별 피크확산효과(peak spreading effect)를 상호 비교하면 아래의 Table 4.22에서 알 수 있듯이 고속도로 Ex-1(NB)에서는 월요일과 금요일의 첨두시간을 전·후(첨두시간을 제외하고 이전과 이후)로 추가통행수요를 수용할 경우 피크확산효과가 가장 크게 나타났고, 고속도로 Ex-1(SB)에서는 월요일과 금요일의 첨두시간대(첨두시간을 포함하여 이전과 이후)에 추가통행수요를 수용할 경우 역시 피크확산효과가 가장 크게 나타났다.

Table 4.22 Differences in shifts of K_p and K_{pp} in Expressway Ex-1

Direction	Difference	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	Rank							
NB	Difference	-0.004	+0.001	+0.001	0.000	+0.001	0.000	0.000
	Rank	7	1	1	4	<u>1</u>	4	4
	Difference	+0.010	-0.004	-0.009	-0.007	+0.005	+0.001	+0.001
	Rank	<u>1</u>	5	7	6	<u>2</u>	3	3
SB	Difference	+0.005	-0.002	-0.002	+0.001	+0.004	+0.004	-0.009
	Rank	<u>1</u>	5	5	4	<u>2</u>	2	7
	Difference	+0.016	-0.003	+0.001	+0.002	+0.006	+0.004	-0.029
	Rank	<u>1</u>	6	5	4	<u>2</u>	3	7

결과적으로 연구대상 고속도로 Ex-1에서는 방향에 관계없이 월요일이나 금요일의 첨두시간 전·후나 비첨두시간대로 통행수요를 유도함으로써 교통정체를 줄이고 피크확산효과(peak spreading effect)에 증대시킬 수 있는 교통관리개선방안을 수립하는 것이 바람직할 것으로 생각하였다.

5. 결론 및 향후 연구과제

연구대상 국내 고속도로 Ex-1의 기본구간에 대한 교통특성분석, 설계시간계수(K)분석 및 첨두시간 설계시간계수(K_p)와 첨두시간대 설계시간계수(K_{pp})분석에 의한 피크확산효과(peak spreading effect)분석을 통해 다음과 같은 결론에 도달할 수 있었다.

- i) 고속도로의 교통특성분석결과가 주중과 주말 그리고 고속도로의 통행방향에서 서로 다른 첨두 특성을 보였기 때문에 고속도로의 효율성을 증대시키기 위해서는 각 고속도로의 요일별 방향별 통행특성을 고려한 교통관리체계를 수립하는 것이 필요할 것으로 생각하였다.
- ii) 고속도로의 설계시간계수(K)분석결과가 요일별 방향별로 서로 다른 첨두 특성을 보였기 때문에 고속도로의 피크확산효과(peak spreading effect)는 주중과 주말, 특히 고속도로의 통행방향을 중심으로 분석할 필요가 있다고 생각하였다.
- iii) 고속도로의 피크확산효과(peak spreading effect) 분석에서 북쪽방향에서는 월요일, 남쪽방향에서는 일요일로 서로 다른 첨두 특성을 보였기 때문에 고속도로의 피크확산효과를 극대화하기 위해서는 월요일과 금요일의 비첨두시간대로 통행수요를 분산시킬 필요가 있다고 생각하였다.
- iv) 결론적으로, 고속도로에서 피크확산(peak spreading)을 통해 통행수요의 집중을 감소시키기 위해서는 첨두시간대의 통행수요를 비첨두시간대로 전환할 수 있도록 미리 고속도로 이용자에게 교통안내정보를 제공할 수 있는 도로정보안내시스템을 구축할 필요가 있다고 생각하였다.

그리고 본 연구에서 비교 분석된 고속도로의 피크확산효과(peak spreading effect)는 유사한 기하구조와 교통특성을 가지는 고속도로의 피크확산(peak

spreading)을 예상할 수 있는 토대로 사용될 수 있을 것으로 생각되며, 향후 다양한 기하구조특성과 교통특성을 고려한 고속도로에 대해 추가적인 자료관측 및 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 생각한다.



참고문헌

- 국토해양부(2005), 도로용량편람, pp. 18-20.
- 국토해양부(2009), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, pp. 505-506.
- 권순범, 김정훈, 이지영, 김태곤(2005), 부산지역 도시고속도로의 연결로 접속부내 속도전환계수 평가에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제25권 제1D호, pp. 31~38.
- 김정훈, 안현철, 이은진, 김태곤(2005), 도시고속도로 합류영향권에서의 속도예측모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제27권 제1D호, pp. 35~42.
- 김태곤, 김승길, 신광식, 권인영(2007), 도시고속도로 합류영향권에서의 속도예측모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제27권 제1D호, pp. 35~42.
- 김태곤, 권미현, 지승근(2010), 도시고속도로의 진출·입 연결로 접속구간 내 평균속도의 추정에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제30권 제3D호, pp. 215~222.
- 김태곤, 문병근, 이주철, Fady, M. A. Hassouna(2007), 차로별 속도특성을 고려한 도시고속도로의 합류영향권내 속도상관모형에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제27권 제4D호, pp. 413~421.
- 김태곤, 문병근, 조인국, 정유나(2009), 점유율 특성을 이용한 도시고속도로의 서비스수준(LOS) 평가에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, Vol. 29, No.3D, pp.335-345.
- 김태곤, 신광식, 김승길, 김정서(2006), 도시고속도로의 진입연결로 접속부내 선형의 밀도예측모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제26권 제1D호, pp. 59~66.
- 김태곤, 정영환, 박종만, 지승근(2008), 부산항과 연계된 도시고속도로의 연결로 접속부내 용량특성분석에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제28권 제2D

- 호, pp. 205~216.
- 김태곤, 정유나, 파디 하수나(2010), 차로별 특성을 고려한 도시고속도로의 지체추정에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제30권 제5D호, pp. 467~476.
- 김태곤, 표종진, 권미현, 조인국(2008), 도시고속도로의 유입연결로 합류영향권 내 밀도추정모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제28권 제3D호, pp. 287~293.
- 박여정, 안현철, 권인영, 김태곤(2004), 도시고속도로의 램프 접속부내 속도전환모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제24권 제4D호, pp. 549~554.
- 장태준, 김정훈, 이은진, 김태곤(2003), 실시간 교통특성에 기초한 도시고속도로의 IC분류부의 지체예측모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제23권 제4D호, pp. 429~437.
- AASHTO(2001), A Policy On Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 20001.
- Davis, G. A., Nihan, N. L., Hamed, M. M., and Jacobson, L. N.(1990), Adaptive forecasting of freeway traffic congestion, TRB NO. 1287.
- Garber, N. J. and Hoel, L. A.(1988), Traffic & Highway Engineering, WEST PUBLISHING COMPANY, St. Paul, MN 55164-1003.
- Kim, T. G., Kim, J. H., Lee, E. J., and Kwon, I. Y.(2003), Delay Predictive Modeling on the Continuous Exit-After-Entrance Ramp Junctions of the Urban Freeway under the Speed Surveillance, Proceedings of the 4th International Symposium on Uncertainty Modeling and Analysis, ISUMA2003, 1-3 September, pp. 360~366.
- Holyoak, N. and Chang, Y. M.(2006), Modelling Trip Timing Behaviour and the Influence of peak Spreading, 29th ATRF-Gold Coast, Queensland, Australia.

- Homburger, W. S. and Kell, J. H.(1989), Fundamentals of Traffic Engineering, 12th ed., Course Notes, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley, October.
- Johnston, R. H.(1991), Peak Spreading, Printerhall Limited, 29 Newmart Street, London, W1P 3PE, England.
- Khisty, C. J.(1990), Transportation Engineering An Introduction, Illinois Institute of Technology, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Lapin, L. L.(1983), Probability and Statistics for Modern Engineering, PWS Publishers, Belmont, California 94002.
- Lindley, J. A.(1989), Urban freeway congestion problem and solution: an Update, ITE Journal.
- McShane, W. R., Roess, R. P., and Prassas, E. S.(1998), Traffic Engineering, 2nd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- May, A. D.(1990), Traffic Flow Fundamentals, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Miller, J. S.(2012), A Model to Forecast Peak Spreading, VCTIR No. 12-R11. 530 Edgemont Road Charlottesville, Virginia 22903-2454.
- Purvis, C.(1999), Peak Spreading Models: Promises and Limitations, Proceedings of the 7th TRB Conference on the Application of Transportation Planning Methods, Boston, Massachusetts.
- Thompson, N.(1997), Ramp Up The Volume, Its International.
- TRB(1975), Traffic Flow Theory, Special Report 165, Transportation Research Board, Washington, D.C. 20001.
- TRB(1997), Traffic Flow Theory, Revised Edition, Special Report 165, Transportation Research Board, Washington, D.C. 20001.

TRB(2000), Highway Capacity Manual, Transportation Research Board,
Washington, D.C. 20001.

Wright, P. H. and Paquette, R. J(1987), Highway Engineering, 5th ed.,
Georgia Institute of Technology, John Wiley & Sons, Inc.



감사의 글

먼저, 이 자리에 있기까지 부족한 저를 이끌어주시고 보듬어주신 김 태곤 교수님께 진심으로 감사드립니다. 또 저의 논문의 심사를 맡아 귀중한 조언을 해주신 김 도삼 교수님과 김 태형 교수님 그리고 이 중우 교수님, 경 갑수 교수님, 이재하 교수님께도 감사의 말씀을 드리고 싶습니다.

다음으로, 제가 대학원 생활을 하는 동안 많은 격려와 조언을 해주신 은진, 인영, 광식, 승길, 인식 선배님께 감사를 드리고, 이 논문이 나올 수 있도록 많은 도움을 주신 연우 선배님께도 고마움을 전하고 싶습니다. 그리고 자료 수집을 위해 같이 고생한 배성, 재현과 동환에게도 수고했다는 말과 함께 고마움을 전하고 싶고, 사회생활을 하고 온 저에게 어색함 없이 다가와준 대학원 선배 및 토목공학과 후배 학생들에게도 감사하다는 말 전하고 싶습니다.

특히, 제가 어렵고 힘들 때마다 많은 위안을 주고 격려해준 소중한 친구들에게 감사드리고, 저에게 많은 기쁨을 안겨준 민정에게도 감사를 전하고 싶습니다. 그리고 저와 같이 코트를 누비며 호연지기를 키운 동현, 태훈, 우현, 경호, 희욱, 창열과 현대건설 가족 차 경렬 소장님, 박 동철 과장님, 한 주홍 과장님, 이 원신 대리님, 박 찬호 과장님, 정 봉식 대리님과 도현레미콘 이 승렬 과장님 이하 모든 직원 분들에게도 진심으로 감사하다는 말 전하고 싶고, 사모임 루베 회원이신 강 종구 대리님과 김 규민 기사님께도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

또한, 부족한 저를 사랑으로 지켜봐 주신 저의 가족들 형, 형수님, 조카에게 감사하다는 말을 전하고 싶고, 못난 저를 위해 평생 고생하신 부모님께 이 논문을 바치며 진심으로 사랑하고 감사하다는 말을 전하고 싶습니다.

마지막으로, 지금까지 저는 여러 주위 분들께 도움을 받으며 살아 왔습니다. 아직 저는 배가 고프고 꿈을 향해 달려 갈 것입니다. 이제 논문이라는 방점을 찍고 새로운 문단의 시작을 준비하려는 저에게 현재와 같은 사람과 믿음에 보답하고 대한민국에 없어서는 안 될 사람으로 성장하겠습니다.

